

RENATA FIEDLER LOPES

**COMPORTAMENTO DE ALGUNS MARCADORES
FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE UMA PROVA DE
TRIATHLON OLÍMPICO**

Dissertação de Mestrado defendida como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Física, no Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Raul Osiecki

Curitiba
2006

TERMO DE APROVAÇÃO

RENATA FIEDLER LOPES

COMPORTAMENTO DE ALGUNS MARCADORES FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE UMA PROVA DE TRIATHLON OLÍMPICO

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Educação Física – Fisiologia da Performance, do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Raul Osiecki
Departamento de Educação Física, UFPR

Prof. Dr. Maria Gisele dos Santos
Departamento de Educação Física, UFPR

Prof. Dr. Airton Rombaldi
Departamento de Educação Física,

Prof. Dr. André Félix Rodacki
Departamento de Educação Física, UFPR

Curitiba, 03 de março de 2006

AGRADECIMENTOS

Desde pequenos somos levados a agradecer pessoas que são muito importantes em nossa vida, sem nem mesmo sabermos o porquê. Festas de homenagem aos pais, confraternizações no dia dos professores, abraços e presentes no dia do amigo. Enfim, quando crianças o que mais nos importava eram as brincadeiras, docinhos e bexigas que esses dias especiais traziam consigo.

Hoje, com o passar do tempo, a valorização e o orgulho de poder homenagear meus amigos, pais e mestres tem um significado tão grandioso e emocionante, que traduzir em algumas palavras se torna uma tarefa muito difícil.

Em primeiro lugar, a minha família, Marcio, Sonia e Fernanda, que sempre confiaram no meu trabalho e acreditaram cegamente em mim, nesses 2 últimos anos de mestrado, e em todos os momentos da minha vida, com demonstrações explícitas de carinho e afeto.

A todos meus amigos queridos, que participaram de perto ou mais distantes dessa minha nova conquista. Àqueles que acreditaram nesse projeto comigo e estiveram presentes em toda a elaboração, coleta de dados e conclusão dessa dissertação. A você, Dé – valeu por toda paciência, presença e ajuda!-, Birgit, Cris, Priscila, Paula, Plínio, Fabiano, Ju Peresz, Hinaiana, Ricardo, Luciene, Luis, Gerusa, Gustavo, Ivete, Akira, William, Fábio, Felipe, Maira, Regis, Rafael, Ju Taís, Fer... Enfim, todos aqueles que se dedicaram a esse projeto como se fossem seus, e me ajudaram a transformar o meu sonho de pesquisa em uma realização de sucesso!!!

A todos os professores que cruzaram meu caminho, sempre com sugestões e orientações, e em especial ao meu mestre Raul Osiecki, com quem tive a oportunidade de trabalhar mais de perto, e ter ainda mais orgulho e admiração, não só como orientador, mas como amigo e parceiro para todas as horas. Obrigado por toda sua atenção, ética, e sabedoria. Obrigado por ter coragem de acreditar em mim, quando

todos diziam da minha imaturidade em entrar em um mestrado tão nova. Agradeço de coração mesmo!!!

A todos os atletas e amigos do triathlon. Ao apoio dos técnicos da Clight: Alexandre Perdão, Cristiano Solak, Maurício Letzow e Walter Maione; que acreditaram na minha pesquisa e motivaram todos seus triatletas a participarem voluntariamente desse estudo.

As bioquímicas que estiveram presentes no dia da prova, e em especial a Dr. Carla Fellipe, do laboratório Metrolab, que se disponibilizou para fazer todas as coletas de sangue, tendo paciência e dedicação durante todo o processo. Valeu!!

A hospitalidade e colaboração da equipe do laboratório de fisiologia da Udesc. Ao professor Fernando, que disponibilizou o laboratório para a análise de lactato das amostras de sangue. Também, a equipe do Cenesp da UEL, em especial ao Professor Antônio Carlos Dourado e Professora Larissa, que disponibilizaram todos os monitores cardíacos da pesquisa. E ainda, ao professor Paulo Bento, por ter cedido o campus da UnicenP para a realização do triathlon, e ajudar em toda a organização da prova.

Obrigado a todos que se motivaram, tanto quanto eu, com essa pesquisa.

Agradeço por me ajudarem a concluir mais uma fase da minha vida pessoal e profissional, com tanto brilhantismo e perfeccionismo como eu idealizava que teria de ser. Obrigada!!!

RESUMO

COMPORTAMENTO DE ALGUNS MARCADORES FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DURANTE UMA PROVA DE TRIATHLON OLÍMPICO

O objetivo desse estudo foi verificar a importância de alguns parâmetros fisiológicos e bioquímicos em algumas possíveis alterações do organismo durante uma prova de triathlon olímpico, para delimitar uma margem segura entre um limiar de treinamento efetivo e o início de um overtraining. Utilizou-se uma estatística não paramétrica de Wilcoxon, e teste de duas amostras pareadas com valor de $p < 0,05$. A amostra estudada (12 triatletas com idade de $27,9 \pm 1,73$ anos, estatura de $177,9 \pm 2,16$ cm, peso corporal médio de $73,88 \pm 1,73$ kg, com somente $7,3 \pm 0,55\%$ de gordura), simulou um triathlon com distâncias olímpicas, e permitiu coletas de sangue da polpa digital e de sangue intravenoso antes da prova, no final de cada modalidade – natação, ciclismo e corrida - e após 1 hora de recuperação. As análises de sangue capilarizado mostraram que as concentrações de lactato sanguíneo foram mais elevadas durante o ciclismo (6,98 mmol/L), seguido pela natação (5,75 mmol/L) e corrida (4,47 mmol/L). Todos os valores de lactato durante a prova se diferenciaram dos valores de repouso e de recuperação ($p < 0,05$). Aconteceram alterações significativas em diversos biomarcadores (19 no total) durante a prova, exceto nas concentrações de glicose sanguínea e nas concentrações da enzima muscular lactato desidrogenase (LDH). Diversos marcadores durante a prova tiveram um perfil crescente como: CK, creatinina, ácido úrico e uréia; e algumas elevações nas variáveis lipídicas e hematológicas. A maior elevação de todos os biomarcadores se deu na concentração de leucócitos, que teve aumentos significativos após a natação, tornando-se crescente até o final da prova, onde atingiu um pico duas vezes maior que o valor máximo de limite referencial (valor máximo de referência de 10.000 leucócitos por ml). Os eletrólitos também tiveram algumas alterações como aumentos na concentração de cálcio, potássio e sódio em relação ao repouso. O peso corporal foi um parâmetro que caiu bastante durante a prova simulada, tendo uma redução final média de 1,83 kg, ou de 2,5% ao final da prova, efeito da desidratação, do elevado dispêndio energético da atividade e a ausência completa de suplementação calórica. Tais alterações poderão, a partir de agora, ser minimizadas com uma suplementação pré, durante e pós prova de uma forma mais adequada, atendendo a individualidade de cada atleta; e auxiliar na elaboração de treinamentos mais específicos, maximizando o desempenho individual na natação, ciclismo e corrida.

Palavras-chave: Triathlon, biomarcadores, performance

ABSTRACT

BEHAVIOR OF SOME PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMISTRY MARKERS DURING AN OLYMPIC TRIATHLON RACE

The aim of this study was to verify the importance of physiological and biochemical parameters in giving some information about possible changes over the body, in order to set a safe level between an effective training threshold and the onset of overtraining. Wilcoxon used non-parametric statistical analyses and 2-paired samples with $p\text{-value} < 0.05$. The sample consisted of 12 male triathletes (age 27.9 ± 1.73 years old, height $177.9 \pm 1.73\text{cm}$, body weight $73.88 \pm 2.16\text{kg}$ and fat percentage $7.3 \pm 0.55\%$). A simulation of an Olympic triathlon was performed, and blood samples (fingertips and intravenous) were collected before trial and in the end of each modality – swimming, cycling and running – and also after one hour of recovery. Blood sample analysis showed that blood lactate concentration was higher during cycling (6.98 mmol/L), followed by swimming (5.75 mmol/L) and running (4.47 mmol/L). All lactate values during trial were different from rest and recovery values ($p < 0.05$). Significant changes were found in many biomarkers (total of 19) during trial, except blood glucose and lactate dehydrogenase muscle enzyme (LDH). There was an increase on the values of many biomarkers during trial, such as: CK, creatinine, uric acid and urea; and some increase on lipidic and hematological variables. The highest increase of all biomarkers was observed in leukocyte concentrations, showing significant increase after swimming, and still remaining it until the end of trial, reaching a peak value two times higher than maximal limit reference value for this variable ($= 10.000\text{ leukocytes / ml}$). Changes were also observed in the electrolytes levels, showing also an increase on calcium, potassium and sodium levels in relation to rest levels. Body weight showed a strong reduction from the beginning to the end of trial (1.83 kg or 2.5%), due to dehydration effects, high energy expenditure and absence of any caloric supplement. According to all these results, a proper supplementation before, during and after trial is suggested to minimize these changes, considering the athlete's individuality, and it can be helpful in elaborating more specific training programs, maximizing the individual performance in swimming, cycling and running.

Keywords: Triathlon, biomarkers, performance

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE GRÁFICOS	xiii
LISTA DE QUADROS	xiv
LISTA DE ANEXOS	xv
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	Xvi
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 - Identificação e caracterização do problema	1
1.2 – Objetivos	4
1.2.1 – Geral	4
1.2.2 – Específicos	4
2 - REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 – Atividade da enzima creatina quinase (CK)	6
2.2 - Atividade da enzima lactato desidrogenase (LDH)	7
2.3 – Uréia	8
2.4 – Ácido úrico	9
2.5 - Creatinina	10
2.6 – Contagem de células vermelhas do sangue (eritrócitos)	10
2.7 - Hematócrito	12

2.8 - Hemoglobina	12
2.9 – Ferro sérico	13
2.10 - Ferritina	14
2.11 – Contagem de células brancas do sangue (leucócitos)	15
2.12 – Triglicerídeos	17
2.13 – Colesterol Total	18
2.13.1 – HDL - col	18
2.13.2 – LDL – col e VLDL - col	19
2.14 – Glicose sanguínea	20
2.15 – Perfil Hídrico e Mineral	21
2.15.1 – Peso Corporal	22
2.15.2 – Eletrólitos	23
2.15.2.1 – Cálcio	23
2.15.2.2 – Potássio	24
2.15.2.3 – Sódio	24
3 - METODOLOGIA	26
3.1 – Amostra	26
3.2 – Instrumentos e Procedimentos	26
3.2.1 – Protocolo de Avaliação em Laboratório	26
3.2.2 – Protocolo de Avaliação durante a prova	28
3.2.3 – Amostras Sanguíneas e Análises Bioquímicas	29
3.2.3.1 – Lactato Sanguíneo	29
3.2.3.2 – Coletas durante a prova	29
3.2.3.3 – Perfil Hematológico e Fisiológico	30
3.2.3.3.1 – Creatina quinase (CK)	30

3.2.3.3.2 – Lactato Desidrogenase	30
3.2.3.3.3 – Ácido Úrico	30
3.2.3.3.4 - Uréia	30
3.2.3.3.5 - Creatinina	31
3.2.3.3.6 – Contagem de células vermelhas do sangue	31
3.2.3.3.7 – Hematócrito	31
3.2.3.3.8 - Hemoglobina	31
3.2.3.3.9 – Ferro Sérico	31
3.2.3.3.10 – Ferritina	32
3.2.3.3.11 – Contagem de leucócitos do sangue	32
3.2.3.4 – Glicose e lipídios plasmáticos	32
3.2.3.4.1 – Glicose plasmática	32
3.2.3.4.2 – Triglicerídeos	32
3.2.3.4.3 – Colesterol Total	33
3.2.3.4.4 – Colesterol HDL	33
3.2.3.4.5 – Colesterol LDL	33
3.2.3.4.6 – Colesterol VLDL	33
3.2.3.5 – Eletrólitos	34
3.2.3.5.1 - Cálcio	34
3.2.3.5.2 – Potássio	34
3.2.3.5.3 – Sódio	34
3.2.3.6 – Peso corporal e hidratação	34
3.3 – Procedimentos Estatísticos	35
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 – Concentração de Lactato sangüíneo	42

4.2 – Biomarcadores sanguíneos	45
4.2.1 – Enzimas musculares – CK e LDH	46
4.2.2 – Resíduos Metabólicos: Uréia, ácido úrico e Creatinina	49
4.2.3 - Perfil Hematológico	52
4.2.4 – Perfil Lipídico	60
4.2.5 – Perfil Glicêmico	63
4.2.6 – Perfil Hídrico e Mineral	64
4.2.7 – Peso Corporal e Ingestão hídrica	68
5 - CONCLUSÕES	71
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	80

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Correlação entre o tempo de cada modalidade e o tempo total de prova; e o tempo de cada modalidade e a classificação final da prova.	39
TABELA 2 - Caracterização da amostra de triatletas (n=12)	40
TABELA 3 - Comportamento da frequência cardíaca (FC) em termos absolutos e relativos durante a prova. Valores expressos em média e erro padrão	41
TABELA 4 - Concentração de lactato sanguíneo durante a prova. Valores expressos em média e erro padrão.	43
TABELA 5 - Correlação entre a concentração de lactato por modalidade e o tempo de prova.	45
TABELA 6 - Valores de CK durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média (erro padrão)	46
TABELA 7 - Valores de LDH durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média (erro padrão).	48
TABELA 8 - Valores de uréia durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão.	49
TABELA 9 - Valores de ácido úrico durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média (erro padrão)	50
TABELA 10 - Valores de creatinina durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão.	51
TABELA 11 - Correlação entre as variáveis hematológicas ao final da prova	52

TABELA 12 -	Valores de células vermelhas durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão.	53
TABELA 13 -	Valores de hematócrito durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão	54
TABELA 14 -	Valores de hemoglobina durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão	54
TABELA 15 -	Valores de ferro e ferritina durante a prova de triathlon olímpico em média e erro padrão.	56
TABELA 16 -	Valores de leucócitos durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão	58
TABELA 17 -	Perfil lipídico durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão	61
TABELA 18 -	Valores de glicose durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão	63
TABELA 19 -	Eletrólitos durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão	65
TABELA 20 -	Peso corporal durante a prova. Valores expressos em média e erro padrão.	68
TABELA 21 -	Ingestão hídrica durante as modalidades. Valores expressos em média e erro padrão	70

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
GRÁFICO 1 - Concentração de lactato sanguíneo e percentual da frequência cardíaca máxima durante o triathlon olímpico	44
GRÁFICO 2 - Perda de peso nas modalidades em relação ao peso corporal imediatamente antes do início da prova. Valores expressos em média e erro padrão	69

LISTA DE QUADROS

	Página
QUADRO 1 - Design estatístico da mensuração da frequência cardíaca dos atletas (n=12)	36
QUADRO 2 - Design estatístico das concentrações de lactato sanguíneo (n=12)	36
QUADRO 3 - Design estatístico das variáveis enzimáticas dos triatletas: CPK e LDH (n=12)	36
QUADRO 4 - Design estatístico das concentrações dos resíduos nitrogenados da amostra: ácido úrico, uréia e creatinina (n=12)	36
QUADRO 5 - Design estatístico do perfil lipídico dos triatletas (n=12)	36
QUADRO 6 - Design estatístico do perfil glicêmico dos atletas (n=12)	37
QUADRO 7 - Design estatístico do perfil hematológico da amostra (n=12)	37
QUADRO 8 - Design estatístico da concentração de eletrólitos e peso corporal dos triatletas (n=12)	37
QUADRO 9 - Correlação entre o tempo de cada modalidade e o tempo de prova dos triatletas (n=12)	38
QUADRO 10 - Correlação entre a concentração de lactato de cada modalidade e o tempo de prova dos triatletas (n=12)	38
QUADRO 11 - Correlação entre as variáveis hematológicas ao final da prova de triathlon olímpico	38

LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1 - Parecer de Aprovação da Pesquisa pelo Comitê de Ética do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná	80
ANEXO 2 - Modelo do Consentimento de Livre e Esclarecido assinado por todos os atletas	81
ANEXO 3 - Valores de Referência das Variáveis Bioquímicas	83
ANEXO 4 - Recordatório Alimentar de 24 horas	87
ANEXO 5 - Esquema visual da Prova de Triathlon Olímpico realizada	88
ANEXO 6 - Relatório Individual da Prova de Triathlon Olímpico	89
ANEXO 7 - Controle de pesagem (kg)	90
ANEXO 8 - Ficha de Avaliação Laboratorial com Dados Fisiológicos da Prova de Triathlon Olímpico entregue para cada atleta após a análise da prova	91

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AA	Ácido Ascórbico
Ca ²⁺	Cálcio
CK	Enzima Creatina Quinase
CR-NAC	Creatina N-Acetilcisteína
DGKC	Sociedade Alemã de Química Clínica
GPO	Glicerol Fosfato Oxidase
FC máx	Frequência cardíaca máxima
g	Gramas – Unidade de medida de massa
HDL – col	Colesterol de densidade alta
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
K ⁺	Potássio
Km/h	Quilômetros por hora – unidade de distância pelo tempo
L/h	Litro por hora – unidade de volume por tempo
L/min	Litros por minuto - Unidade de medida do Consumo máximo de oxigênio
LDH	Enzima Lactato Desidrogenase
LDL – col	Colesterol de densidade baixa
MEq/L	MiliEquivalentes por litro – unidade de medida bioquímica
m/min	Metros por minuto – unidade de distância pelo tempo
mg	Miligramas – Unidade de medida de massa
mg/dL	Miligramas por decilitro – unidade de medida de massa pelo volume
ml	mililitros - Unidade de medida de volume
ml ³	Mililitros cúbicos – Unidade de volume
ml/kg/min	Mililitros por quilograma por minuto – Unidade de medida do Consumo máximo de oxigênio
Mmol/L	Unidade de medida da Concentração de Lactato Sanguíneo
μl	Microlitro – Unidade de medida de volume

Na ⁺	Sódio
Na/K ATPase	Bomba Sódio/ Potássio ATPase
NCCLS	Commission for Clinical Laboratory Standards
O ₂	Oxigênio
Rpm	Rotação por minuto
TG	Triglicerídeos
U/L	Unidade internacional por litro
UV	Ultravioleta
VLDL - col	Colesterol de densidade muito baixa
VO ₂ máx	Consumo máximo de oxigênio

1.0– INTRODUÇÃO

1.1 - IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Nos últimos anos, dentre as modalidades esportivas, o Triathlon tem ganhado grande popularidade. A primeira e mais importante prova – o IRONMAN - é constituída de 3,8km de natação, 180km de ciclismo de estrada e uma maratona (42,195km) a serem realizadas em um único dia, continuamente. Entretanto, com o intuito de facilitar a popularização do esporte e trazer novos adeptos, surgiram provas com distâncias reduzidas (LOPES et al, 2005), entre elas o triathlon olímpico - constituído por 1,5km de natação, 40 km de ciclismo e 10 km de corrida.

Muitos estudos têm reportado alterações de variáveis fisiológicas e bioquímicas imediatamente após uma prova de longa duração (HALSON, 2002; NEUMAYR et al. 2002; GLEESON et al. 2002, WARBURTON et al, 2002, CLEAVE et al., 2001; GRANDJEAN et al, 2000, SPEEDY et al.,1999, YU et al, 1999, KONIG et al., 1998, ROHDE et al.,1996).

A modalidade de Triathlon, que pode ser caracterizada como uma destas provas de longa duração, aumenta a atividade de um grande número de enzimas que regulam os processos metabólicos. Praticamente todas as reações no organismo são mediadas por enzimas, que são proteínas catalisadoras que aumentam a velocidade das reações metabólicas. Entre as enzimas musculares que podem ser afetadas, podem-se destacar a creatina quinase (CK) – que age de forma catalisadora na reação de degradação da fosfocreatina, durante a transformação de ADP em ATP - e a lactato desidrogenase (LDH) – enzima que catalisa a redução do piruvato em lactato, durante a glicólise anaeróbica.

O metabolismo também responde ao exercício prolongado intenso com alterações nas concentrações de uréia (produto final do metabolismo protéico), ácido úrico (substrato final do metabolismo das purinas nos rins) e nos valores aumentados de creatinina no sangue (avaliação da degradação protéica, mais tardia que a uréia).

Os níveis hematológicos, preditores de anemia e/ou alterações no transporte de oxigênio para as células ativas durante o exercício, também podem ser visualizados pelo aumento da contagem de células vermelhas e diminuição da concentração de hemoglobina, da concentração de ferro sérico total e da ferritina (RIETJENS et al, 2002). E, ainda, precursores que detectam sobrecarga do sistema imunológico sob efeito do exercício intenso, como a elevação supra limiar da contagem de leucócitos. O número circulante de leucócitos e as capacidades funcionais destas células podem aumentar consideravelmente após cargas repetidas de exercício prolongado e intenso (REID et al, 2004; RISOY et al., 2003). Uma marcante elevação no número de leucócitos circulantes no sangue é geralmente encontrada em atletas engajados em treinamento intensivo (WU et al., 2004, RISOY et al, 2003; RHODE et al, 1996, LONG et al, 1990).

Há, também, mudanças do perfil lipídico, analisados pelas concentrações de: triglicerídeos, colesterol total e suas frações: HDL, LDL, VLDL (YU et al., 1999). Em geral, os exercícios de alta intensidade reduzem os níveis plasmáticos de triglicerídeos, aumentam as lipoproteínas de alta densidade, representadas pela HDL, e diminuem discretamente as lipoproteínas de baixa densidade, LDL. Em uma metanálise de 66 estudos sobre os efeitos do exercício nos lipídios e lipoproteínas do sangue (TRAN et al., 1983) concluíram que ocorria uma redução média de 10mg/% de colesterol total, 15,8mg/% de triglicerídeos, 5,1mg/% de LDL e um aumento médio de 1,2mg/% de HDL.

Outros fatores intervenientes no desempenho são as quedas das concentrações de eletrólitos importantes no processo de contração-relaxamento das fibras musculares durante o exercício e, concomitante perda hídrica (O'TOOLE & DOUGLAS, 1995). Verificaram-se alterações nas concentrações de Cálcio (LONG et al, 1990), Potássio (SPEEDY et al., 2000, KONIG et al., 1998) e Sódio (MUTH, 2005; GLACE et al, 2002).

Warburton et al. (2002) em uma revisão de algumas alterações bioquímicas após o exercício prolongado extenuante, mostraram uma leve hipocalemia

(diminuição abaixo dos níveis de controle de potássio) imediatamente após um meio Ironman e após um ultra-triathlon. Essa modificação dos parâmetros deve ser devido a uma re-utilização do potássio dentro do músculo após o exercício, como resultado da contínua estimulação de catecolaminas da bomba Na/K ATPase, na ausência do metabolismo anaeróbico ou isquemia muscular. A resultante hipocalemia pode ser explicada pelo aumento do fluxo sanguíneo para os músculos esqueléticos e/ou pelo aumento da acidose intracelular. No entanto, após uma maratona foi reportada uma leve hipercalemia (aumento das concentrações de potássio acima dos níveis de controle), que pode ser explicado pelo fato do exercício induzir uma liberação de potássio do ambiente intracelular para o espaço extracelular.

O sódio é o principal eletrólito que sofre alterações ao exercício prolongado submáximo. Por ser o maior cátion do fluido extracelular, sua queda abaixo dos níveis normais ($\text{Na}^+ < 135 \text{ mmol/l}$) resulta em uma liberação de fluidos para o espaço intracelular, com conseqüente inchaço celular, hemodiluição e alto risco de desordem metabólica fatal (WARBURTON et al., 2002; WITTBRODT, 2003). Após uma competição de Ironman, 18% dos atletas (58 indivíduos) que terminaram a prova apresentavam estado hiponatêmico, no entanto somente 31% desses atletas (11 indivíduos) apresentavam uma hiponatremia severa abaixo de 130 mmol/l e precisavam de cuidados médicos após o termino da prova (SPEEDY et al., 1999).

A desidratação observada pela diminuição do peso corporal também é um fator a ser considerado durante uma prova de triathlon olímpico, visto que uma redução acima de 2% do peso corporal já vem a comprometer o desempenho físico, e um decréscimo de 5% pode colocar o indivíduo a um risco de vida por desidratação severa (WITTBRODT, 2003).

A monitoração bioquímica do treinamento é importante, pois se constitui na base para aumentar o desempenho específico no evento esportivo do atleta. As adaptações podem ser significativas para explorar a efetividade do treinamento. Um treino efetivo é a adaptação estrutural-enzimática das células, evocada pelas alterações metabólicas e hormonais durante e após uma sessão de treinamento ou evento competitivo. As

informações obtidas pelas mensurações devem ser entendíveis, isto é, devem ter base científica que possibilitem alterações corretivas no design do treinamento (VIRU & VIRU, 2001: 8-9)

Acredita-se que detectando as variáveis que sofrem tais alterações e o momento que as mesmas ocorrem, possam-se sugerir meios profiláticos, para que tais quedas ou sobrecargas possam ser minimizadas através de um treinamento mais específico e/ou uma nutrição mais adequada pré, durante e pós-competição, visando um melhor desempenho atlético durante as três modalidades.

Enfim, surge a seguinte problemática: Qual o comportamento de alguns marcadores fisiológicos e bioquímicos em uma prova com as distâncias de um triathlon olímpico?

1.2 -OBJETIVOS

1.2.1 – Objetivo Geral

Examinar os efeitos de uma prova mista (triathlon – olímpico) em parâmetros fisiológicos e bioquímicos de triatletas do sexo masculino.

1.2.2 – Objetivos Específicos

- Verificar os efeitos de uma prova de triathlon olímpico na concentração de lactato sanguíneo e frequência cardíaca.
- Analisar os efeitos de uma prova olímpica de triathlon nas concentrações de LDH, CK, creatinina, ácido úrico e uréia.
- Investigar os efeitos de uma prova mista de triathlon olímpico no perfil lipídico, através da análise das concentrações de triglicerídeos e de colesterol total e frações (HDL, LDL, VLDL).

- Analisar os efeitos de uma prova de triathlon olímpico no perfil hematológico, através da contagem de hemácias e leucócitos, hematócrito, hemoglobina, e ainda os níveis de ferro e ferritina.
- Verificar os efeitos de um triathlon olímpico nas concentrações de eletrólitos – Na^+ , Ca^{2+} , K^+ - e os níveis de desidratação.
- Comparar as alterações ocorridas nos parâmetros bioquímicos e fisiológicos de repouso com suas respectivas concentrações: imediatamente após a natação, o ciclismo, a corrida e 60 minutos de recuperação.

2.0 - REVISÃO DE LITERATURA

O triathlon é bem mais que a soma de 3 partes. Ele pode ser definido como um esporte, 3 disciplinas e duas transições (MILLET E VLECK, 2000). Adaptações sensoriais, biomecânicas e fisiológicas são necessárias para o sucesso em um evento que se tornou olímpico apenas em Sydney, 2000.

Algumas investigações sobre marcadores bioquímicos já foram reportadas (LAMON-FAVA et al., 1989; GINSBURG et al., 1996), mas em sua grande maioria em eventos simples; em apenas uma modalidade como: corrida (WU et al., 2004), e ciclismo (PADILLA et al., 2000; HALSON et al., 2002), ou em triathlons de ultraendurance como Ironmans (SPEEDY et al., 1999 e 2000)

A utilização potencial de marcadores fisiológicos, bioquímicos e hematológicos tem recebido muita atenção recentemente. Marcadores práticos e objetivos são aqueles que podem ser mensurados rotineiramente em laboratório e que conseguem oferecer subsídios que contribuam no aperfeiçoamento da performance. A identificação de alguns fatores comuns pode permitir uma intervenção apropriada para a prevenção da síndrome de overtraining ou na profilaxia de uma redução no desempenho atlético (GLEESON, 2002).

Alterações fisiológicas após uma prova de distância Olímpica (1500m/40km/10km) devem ocorrer em reflexo à alta demanda energética, necessária para completar um evento de alta intensidade, e/ou desidratação, devido a duração de aproximadamente 2 horas de exercício ininterruptas.

Em algumas condições clínicas ou de esforço extremos, como o exercício vigoroso, várias proteínas intracelulares podem ser encontradas no plasma sanguíneo. Estas proteínas geralmente se originam do miocárdio, tecido hepático, cérebro e tecido músculo-esquelético, e seu fluxo na circulação sanguínea deve-se ao sistema linfático (VIRU & VIRU, 2001: 122-123).

Entre as enzimas encontradas no interior das células musculares e que sinalizam lesões teciduais quando encontradas em concentrações elevadas no

sangue, podem-se destacar a creatina quinase (CK) e a lactato desidrogenase (LDH):

2.1 - ATIVIDADE DA ENZIMA CREATINA QUINASE (CK)

O sufixo quinase é um nome comum aplicado a todas as enzimas que catalisam a transferência do grupo fosfato terminal do ATP para um receptor qualquer – uma creatina, (caso da creatina quinase) (LEHNINGER et al., 1995: 301).

A creatina quinase é uma enzima intracelular, localizada em maior proporção no músculo esquelético, no músculo cardíaco e no cérebro. Um aumento na atividade sérica seria índice de lesão celular.

A reação da creatina quinase é de equilíbrio e, portanto, reversível. Isso ocorre após o exercício, quando a carga energética da célula encontra-se aumentada e há suficiente energia disponível para refosforilar a creatina (MAUGHAN et al., 2000: 51).



De acordo com o estudo de Glesson (2002), alguns marcadores como o controle da atividade da enzima creatina quinase plasmática, é potencialmente útil, não somente como um marcador para impedir um overtraining, mas como uma forma de identificar o estado recente da deterioração muscular ou uma sobrecarga temporária.

Neste mesmo estudo, que faz uma revisão dos marcadores bioquímicos e imunológicos do overtraining, coloca-se que o exercício induz um prejuízo muscular, o que causa uma queda na performance durante períodos de sobrecarga intensa de treinamento. As conseqüências desta fase incluem dores musculares, desgastes, lesões, redução na taxa de mobilidade, aumento acima do normal da taxa de concentração de lactato sanguíneo e da percepção de esforço durante o exercício, além da perda de força e redução da potência dinâmica máxima.

Uma outra forma prática de descobrir a deterioração muscular após o desempenho de atletas, ou durante o treinamento intenso, é a elevação de proteínas

musculares no plasma sanguíneo (GLEESON, 2002), que pode ser consequência do aumento da atividade de outra enzima: a LDH.

2.2 - ATIVIDADE DA ENZIMA LACTATO DESIDROGENASE (LDH)

A enzima lactato desidrogenase possui 5 isoformas dentro do organismo, que são ativadas de acordo com o centro precursor de sua atividade. As isoformas mais conhecidas e estudadas são a LDH 1 e 2 produzida pelo coração ou LDH cardíaca e, a LDH 4 e 5 liberada pelos músculos, ou LDH muscular.

A enzima LDH faz parte de um complexo sistema metabólico conhecido como glicólise. Então, antes de descrever as ações da LDH, sucintamente será descrita a metabolização da glicose até a formação do piruvato, precursor do lactato, que é o subproduto do metabolismo anaeróbico da glicólise, onde a enzima estudada é uma das principais catalisadoras da reação.

De acordo com Lehninger et al. (1995: 298), durante a glicólise, uma molécula de glicose (6 átomos de Carbono) é degradada através de uma série de reações catalisadas por enzimas para liberar 2 moléculas de piruvato cada (3 átomos de carbono). Dentre as inúmeras reações que ocorrem, a oxidação do gliceraldeído-3-fosfato requer um receptor de hidrogênio - a coenzima NAD^+ . A redução do NAD^+ faz com que haja a liberação da coenzima reduzida NADH. No entanto, o NADH formado nesse passo da glicólise precisa ser reoxidado, pois senão a glicólise logo se deteria por falta de NAD^+ . As células contêm quantidades limitadas desta coenzima oxidada, e a incapacidade de regenerar o NADH em NAD^+ deixaria a célula sem receptor de elétrons para a oxidação do gliceraldeído-3-fosfato e as reações liberadoras de energia da glicose cessariam.

Sob condições anaeróbicas, o NADH gerado pela glicólise não pode ser reoxidado pelo O_2 . O NAD^+ precisa, portanto, ser regenerado através de outras reações, como a redução do piruvato a lactato. O destino de 2 moléculas de piruvato em condições anaeróbicas produz 2 moléculas de lactato, catalisada pela lactato desidrogenase.

Como a redução de 2 moléculas de piruvato em 2 moléculas de lactato regenera 2 moléculas de NAD^+ , o processo global se equilibra e pode continuar indefinidamente. O lactato formado ainda pode ser reciclado, por exemplo, no fígado, onde é convertido em glicose novamente através do Ciclo de Cori (gliconeogênese).



Resumindo, durante a glicólise anaeróbica que ocorre na musculatura esquelética do tipo IIb, quando a quantidade de oxigênio é limitada, o lactato é formado a partir do piruvato, para permitir que a oxidação de NAD^+ possa ocorrer e a glicólise continuar na geração de ATP. Essa redução de piruvato a lactato é catalisada pela enzima lactato desidrogenase.

Em um estudo com marcadores bioquímicos após uma ultramaratona, observou-se que imediatamente após a competição os níveis de LDH estavam significativamente mais altos, e assim permaneciam por até 2 dias após o evento. Esses altos níveis refletem a contínua liberação de enzimas dos músculos e do fígado (WU et al., 2004).

Outros marcadores metabólicos que também são afetados pelo exercício intenso são os níveis de uréia, ácido úrico e creatinina no sangue, que tendem a se elevar. Tais produtos detectam a degeneração protéica muscular por fazerem parte do metabolismo de proteínas e ácidos nucleicos.

2.3 – URÉIA

A uréia constitui a fração de nitrogênio não protéico mais importante na maioria dos líquidos biológicos. Ela é proveniente de uma acelerada conversão da amônia nas mitocôndrias dos hepatócitos do fígado (LEHNINGER et al., 1995: 383).

Os músculos esqueléticos, com predominância de fibras glicolíticas do tipo IIb, quando se contraem vigorosamente operam em anaerobiose, produzindo não

apenas amônia na quebra de proteínas, mas também grandes quantidades de piruvato. Em um estado de normoglicemia, estes dois produtos precisam encontrar um caminho para o fígado (a amônia para ser convertida em uréia e o piruvato para ser reformado em moléculas de glicose e retornar aos músculos ativos). Esses dois problemas podem ser resolvidos através do mesmo ciclo: o ciclo da glicose-alanina. A alanina funciona como um transportador de equivalentes da amônia e do esqueleto de carbono do piruvato desde o músculo até o fígado (LEHNINGER et al., 1995: 383).

PROTEÍNA MUSCULAR ---→ AMINOÁCIDOS ---→ NH₄ ----deaminação -----→
URÉIA

No homem, a uréia é o principal produto final do metabolismo das proteínas (pirimidinas). O nitrogênio é excretado do corpo quando as proteínas são consumidas para que se obtenha energia, e a maior parte deste nitrogênio é expelida na forma de uréia. A uréia muscular representa 80 a 90% do nitrogênio excretado quando a proteína é metabolizada (MAGLISCHO, 1999: 230).

Esse mesmo autor ainda salienta que as determinações do conteúdo de uréia no sangue têm sido utilizadas por causa da relação existente entre a concentração de uréia e a velocidade de catabolismo das proteínas. Concentrações elevadas podem sinalizar uma possível aceleração do catabolismo das proteínas musculares, o que poderia comprometer a endurance (ou resistência aeróbica) e a potência muscular do atleta (p.233).

Atletas geralmente exibem altas concentrações de uréia em repouso, provavelmente como um resultado do estresse contínuo do treinamento. Essas altas concentrações também se mostram após um exercício intenso e prolongado. Pode-se explicar esses valores mais altos pela redução do fluxo sanguíneo renal (conseqüência da queda na taxa de filtração glomerular), ou ainda, pela deficiência

de volume de fluidos e/ou aumento do catabolismo protéico (WARBURTON et al., 2002).

2.4 - ÁCIDO ÚRICO

O ácido úrico do plasma é filtrado pelos glomérulos e reabsorvido em seguida pelos túbulos em proporção aproximada de 90%. Ele representa o produto final do metabolismo das purinas, ácidos nucleicos e nucleoproteínas. O teor de ácido úrico no plasma é muito influenciado por fatores renais e extra-renais (EBRAM, 2004).



2.5 – CREATININA

A creatinina é eliminada no plasma por filtração glomerular e não é reabsorvida nos túbulos em grau significativo. Além disso, quando os níveis de creatinina no plasma ultrapassam seu valor normal, o rim pode eliminar esta substância por excreção tubular ativa. Por conseguinte, as elevações da taxa de creatinina no sangue são, em geral, mais tardias do que as de uréia (EBRAM, 2004).



De acordo com Reid et al. (2004) e Warburton et al. (2002), a concentração de creatinina (produto da quebra da creatina do músculo esquelético) geralmente aumenta após um exercício intenso e prolongado, incluindo eventos como um meio Ironman, um short triathlon ou ainda uma maratona. O segundo autor e seus colaboradores ressaltam que o aumento desta creatinina plasmática seria provavelmente o resultado da liberação da creatinina dos músculos ativos, associado com a desidratação e/ou com uma redução do fluxo sanguíneo renal e queda da taxa de filtração glomerular.

Nos níveis hematológicos, preditores de anemia e/ou alterações no transporte de oxigênio para as células ativas durante o exercício, podem-se destacar alguns marcadores como: contagem de células vermelhas, hematócrito, hemoglobina, concentração de ferro sérico total e ferritina.

2.6 – CONTAGEM DE CÉLULAS VERMELHAS DO SANGUE (ERITRÓCITOS)

As células vermelhas são formadas na medula óssea, e têm meia-vida de aproximadamente 120 dias. Essas células transportam oxigênio para todas as partes do corpo e são bons marcadores para detectar anemia (BROWN, 1993). Suas concentrações normais têm em média de 4,7 a 6,1 milhões/cm³.

O exercício pode causar a eritrocitose. Exercícios vigorosos podem aumentar até 25% a concentração de eritrócitos circulantes (DEVRIES, 1974). Isto pode ser explicado pelo exercício induzir a liberação de células sanguíneas armazenadas em outros sítios (órgãos ou tecidos com baixa taxa de fluxo em repouso podem ser uma significativa reserva de células sanguíneas).

Uma certa quantidade de células vermelhas pode ser liberada da medula óssea devido ao aumento da taxa de circulação sanguínea, no entanto, a principal razão para esse aumento da contagem de eritrócitos é a hemoconcentração induzida pelo exercício (VIRU & VIRU, 2001: 117-118).

De acordo com Rietjens et al. (2002), que monitoraram as variáveis hematológicas de mais de 100 atletas de elite do triathlon olímpico durante 3 anos consecutivos de treinamento e competições, relataram uma deficiência destes atletas em manter seus níveis hematológicos estáveis e próximos aos valores de referências normais, estando eles sempre próximos ao limite inferior de referência durante a fase de treinamento e valores ainda mais baixos durante a fase competitiva.

Em um estudo feito por Wu et al. (2004), foram analisados os marcadores bioquímicos e hematológicos após uma ultramaratona, e a partir de amostras de

sangue coletadas após a prova, dois e nove dias após a competição; mostraram que a contagem de células vermelhas não se alterava após a competição, e os níveis de hemoglobina decaíam após a prova, tendo uma queda ainda maior após 2 dias da competição. Esses resultados podem ser explicados não somente pelo aumento da hemólise pelo trauma mecânico como também pelas lesões oxidativas ocorridas nas hemácias. Sob condições normais as células demoram 120 dias para se renovarem. Após um evento de endurance esta renovação é acelerada, sendo um bom fator para atletas, pois células mais jovens podem transportar O_2 mais eficientemente do que células mais velhas.

2.7 - HEMATÓCRITO

Em um adulto normal, a quantidade de sangue total gira em torno de 5L (ou 6% da massa corporal). Aproximadamente 3L são plasma (25 a 45 ml/kg de massa corporal), e 2L são de células sanguíneas, predominantemente eritrócitos (VIRU & VIRU, 2001:113).

Viru & Viru, (2001:114), mostra que a razão entre o plasma e o eritrócito é geralmente expresso como valor de hematócrito. Esse valor é obtido pela centrifugação do sangue em uma escala de hematócrito. O tubo graduado permite ao investigador estimar o percentual de massa de eritrócito (valor médio para homens de 48%, entre 39 a 55%)

O valor de hematócrito é correto se as células vermelhas se transformarem em um soluto na parte mais baixa da escala. Aproximadamente, 3% a 8% do plasma permanece sob as células. Ainda, o valor verdadeiro do hematócrito mensurado tem de ser distinguido; o valor verdadeiro constitui uma média de 96% do hematócrito mensurado ($\text{hematócrito mensurado} \times 0.96$) (VIRU & VIRU, 2001: 114).

As mudanças de hematócrito não são reflexos precisos das alterações do volume plasmático. As alterações de hematócrito são sempre menores que as mudanças do volume sanguíneo. Após um exercício que induzia alterações nos

valores de hematócrito, mostrou-se que este último não era capaz de dar informações válidas sobre alterações no volume plasmático (VIRU & VIRU, 2001: 117).

2.8 - HEMOGLOBINA

A hemoglobina é uma proteína conjugada. Ela possui 4 cadeias polipeptídicas e 4 grupos heme (Ferro em seu estado ferroso – Fe^{2+}), sendo 4 vezes maior que a mioglobina (LEHNINGER et al., p.137,1995). É o principal componente dos eritrócitos, e serve de veículo para o transporte de oxigênio e dióxido de carbono (BROWN, 1993). As células vermelhas não podem conter mais do que 34g de hemoglobina, por existir um limite no mecanismo de formação das células de hemoglobina (VIRU & VIRU, 2001: 115).

Quando completamente saturada cada grama de hemoglobina se combina com aproximadamente 1,39ml de oxigênio. A massa sanguínea total do adulto normal contem cerca de 600 g de hemoglobina, capazes de transportar 800 ml de oxigênio (VIRU & VIRU, 2001: 115).

Em um estudo de acompanhamento de 3 anos das variáveis hematológicas de triatletas durante os períodos de treinamento, competição e fora de temporada, mostrou uma queda de até 18% dos valores de hemoglobina abaixo dos níveis normais durante a fase competitiva (RIETJENS et al., 2002).

Alguns estudos mostram que a corrida pode resultar no aparecimento de hemoglobina livre no plasma em quantidades aumentadas, que geralmente pode ter relação com a hemólise intravascular (trauma por impacto ou por depleção de ferro). Este fenômeno pode ser considerado como um sinal típico de anemia (VIRU & VIRU, 2001: 119).

Quando o teor de hemoglobina do sangue reduz além do normal, detecta-se a anemia. A anemia pode resultar de uma baixa produção, perda ou destruição de hemácias, causados por um fator externo adverso, como a atividade física de alta

intensidade e duração. Essa diminuição de hemácias (redução da eritropoiese) é acompanhada por uma queda das concentrações de ferritina, como consequência do aumento na perda de ferro e/ou diminuição de sua produção, refletindo em baixas reservas plasmáticas de ferro (ESCANERO et al., 1997).

2.9 - FERRO SÉRICO

Aproximadamente 70% do ferro existente no corpo está associado aos compostos funcionalmente ativos, combinados predominantemente com a hemoglobina nas hemácias (85% do ferro funcional) e com a mioglobina nas fibras musculares (12% do ferro funcional), para o transporte de oxigênio. O ferro ainda atua nos citocromos, onde facilita a transferência de energia entre as células (McARDLE et al., 1999: 68).

Durante o exercício, o ferro tem o papel de entregar o oxigênio aos tecidos, e contribuir assim com o metabolismo energético. A deficiência deste nutriente pode teoricamente reduzir a performance.

O treinamento pesado pode criar, teoricamente, uma maior demanda de ferro a partir de três fontes: 1) perda de ferro no suor, 2) perda de hemoglobina na urina pela destruição de hemácias, aumento de temperatura, aumento de velocidade de circulação e hemólise devido ao abalo mecânico das batidas dos pés sobre o solo, 3) sangramento gastrointestinal em atividades de longa duração (McARDLE et al., 1999: 70).

É inquestionável que a população de atletas possa ser o grupo de maior risco para o desenvolvimento ou diminuição das reservas de ferro. A depleção estimada de ferro durante um programa de treinamento competitivo pode ser de até 1,75 mg/dia (VIRU & VIRU, 2001: 120).

De acordo com Viru & Viru, (2001: 115), no citoplasma dos hepatócitos, o ferro combina-se com a Apoferritina e forma a ferritina. A ferritina constitui um estoque de ferro que é também encontrada no plasma sanguíneo. A depleção das reservas de

ferro geralmente é indicada em um primeiro estágio, pelos baixos níveis sanguíneos de ferritina (< 12 mg/dL).

2.10 - FERRITINA

Na prática Laboratorial bioquímica, o teste de ferritina sanguínea é o método mais sensível para diagnosticar as deficiências de ferro, e conseqüente anemia, produzida pela prática esportiva (ESCANERO et al., 1997).

Szygula (1990) considera baixas concentrações plasmáticas ou séricas de ferritina, como uma suscetibilidade à redução sistemática das reservas de ferro do corpo, o que poderia corresponder a uma pré-latente anemia. Sendo assim, as concentrações de ferritina podem ser utilizadas como marcadores de tendência à depleção das reservas de ferro do organismo, e quando aliadas a outros marcadores como saturação de transferrina – melhor marcador do suprimento de ferro para eritropoiese - e índices de hemácias, podem dar uma boa base de informações sobre a quantidade de ferro e severidade dos graus de anemia do atleta (ESCANERO et al., 1997).

Estudo reporta (WU et al., 2004) que após uma ultramaratona os níveis de ferritina, e saturação de transferrina tem um aumento significativo, mantendo-se altos após até 9 dias; respostas da destruição aguda das células vermelhas, e liberação aguda de ferro, respectivamente.

Há ainda precursores que detectam sobrecarga no sistema imunológico sob efeito do exercício intenso. De acordo com Gleeson (2002), o sistema imunológico é extremamente sensível ao stress psicológico e/ou fisiológico - e conseqüentemente, variáveis imunológicas podem ser usadas como um parâmetro de stress em relação ao treinamento. Vários aspectos da função imune podem ser afetados tanto pelo exercício agudo quanto crônico, e ainda por lesões teciduais ou infecções.

Alguns marcadores imunológicos são utilizados para a verificação do desgaste após um estado extremo como:

2.11 - CONTAGEM DE CÉLULAS BRANCAS DO SANGUE (LEUCÓCITOS)

As células brancas são mais conhecidas como leucócitos, que são a unidade móvel do sistema de defesa do organismo (VIRU & VIRU, 2001: 116) e que têm a função de combater infecções sérias e proteger o organismo de possíveis doenças (HAUSER, 2001). Eles são primeiramente formados na medula óssea, mas podem também ser produzidos em órgãos do sistema linfático como a região esplênica, timus e nodos linfáticos (BROWN, 1993).

Um valor normal de leucócitos no sangue gira em torno de 7000 leucócitos por ml^3 de sangue podendo variar entre 4000 a 9000 células por ml^3 (MAGLISCHO, 1999: 228). No entanto, observa-se uma possível leucometria (elevada contagem de leucócitos) após um exercício de endurance de longa duração.

Em um estudo de Rhode et al. (1996), após uma prova de triathlon com distâncias superiores a um triathlon olímpico, foi demonstrada uma elevação dos valores das concentrações de leucócitos logo após o ciclismo, a corrida e até 2h após a prova.

Exercícios prolongados em particular causam uma grande liberação de neutrófilos da medula óssea, podendo acabar com as reservas de neutrófilos maduros. Por isso a baixa contagem de neutrófilos observada, o que está diretamente relacionado ao número de leucócitos sanguíneos totais.

Em um outro estudo, foi mostrado que a contagem de células brancas aumentava imediatamente após a ultramaratona e permanecia alta até por 9 dias. O número de neutrófilos também tinha um aumento imediato, mas após 2 dias já havia retornado à seu estado pré-competitivo (WU et al., 2004).

Estas mudanças durante a recuperação do exercício podem aparentar uma fraqueza à resposta potencial imune à patogenias e tem sugerido um momento de maior probabilidade de incidências de infecções, representando um período de maior vulnerabilidade do atleta em termos de suscetibilidade em contrair uma infecção (GLEESON, 2002).

Ainda, de acordo com Gleeson (2002), certamente neste momento onde há uma redução temporária de vários aspectos da função imune, os atletas deveriam ser encorajados a adotar práticas para minimizar o risco de contrair qualquer tipo de infecção.

Exercícios regulares de longa duração já são reconhecidos por contribuir na redução dos níveis de colesterol total, triglicerídeos e frações de LDL. Aumentos no HDL também são vistos em diversos estudos (GRANDJEAN et al., 2000, YU et al., 1999, NICKLAS et al., 1997, GINSBURG et al., 1996, LAMON-FAVA et al., 1989). Essas mudanças favoráveis no perfil lipídico ocorrem pela modificação das atividades das enzimas intravasculares e de proteínas transferases. Tais modificações podem também ocorrer em curto prazo, como por exemplo, em uma simples sessão de atividade aeróbica (GRANDJEAN et al., 2000) ou um evento competitivo (WU et al, 2004, YU et al, 1999).

2.12 – TRIGLICERÍDEOS

Os triglicerídeos são os lipídios mais simples constituídos de ácidos graxos, os quais fornecem uma fração da energia oxidativa. Os ácidos graxos são ingeridos na alimentação e emulsificados pelos sais biliares no intestino delgado, absorvidos pelas células epiteliais intestinais e reconvertidos em triglicerídeos (LEHNINGER et al., 1995: 371) – os quais são compostos por 3 ácidos graxos, cada um em uma ligação éster com uma única hidroxila do glicerol.

Os triglicerídeos são depósitos de combustível metabólico, armazenados por células especializadas chamadas adipócitos, as quais formam o tecido adiposo em maior quantidade sob a pele, na cavidade abdominal e nas glândulas mamárias (LEHNINGER et al., 1995: 181). A maior parte da estocagem de gordura no tecido adiposo e nas células musculares está na forma de triglicerídeos.

Os triglicerídeos armazenados no tecido adiposo são mobilizados pela ação de hormônios, através da lipase lipoprotéica. Esta enzima fará a conversão em

ácidos graxos, que serão transportados no sangue até o coração, músculos esqueléticos e aos outros tecidos onde esses ácidos graxos serão empregados como combustíveis.

TRIGLICERÍDEOS ---LIPASE LIPOPROTÉICA--→ GLICEROL + ÁC. GRAXOS LIVRES

Triglicerídeos no plasma e na musculatura são a primeira fonte de energia durante um evento de endurance, sendo substituído com o passar do esforço pela liberação de ácidos graxos livres, que se tornam então a maior fonte energética do exercício; podendo explicar assim os baixos níveis de triglicerídeos após o final de um evento de longa duração (LEHNINGER et al., 1995: 371).

Após uma ultramaratona foi reportada uma queda nos níveis de triglicerídeos, sendo que a recuperação aos valores pré-competitivos foi de 2 dias (WU et al., 2004).

2.13 - COLESTEROL TOTAL

O colesterol é encontrado em todos os tecidos animais e possui importantes funções fisiológicas, incluindo a síntese de ácidos biliares, hormônios esteróides e membranas celulares (*EBRAM prod. Lab.*2004).

COL. ESTERIFICADO --- COL. ESTERASE ----→ COLESTEROL + ÁC. GRAXO LIVRE

A partir de um estudo de Grandjean et al. (2000), que utilizou exercício prolongado em intensidade submáxima (70% VO₂ máx), os valores de colesterol total

reduziam-se imediatamente após o término do exercício, mas o retorno aos valores basais só ocorria 24h depois de cessado esforço.

O colesterol é transportado no sangue através de proteínas plasmáticas (LEHNINGER et al., 1995: 510). Essas lipoproteínas plasmáticas são transportadoras de lipídios para sítios metabólicos em vários tecidos. Elas se diferenciam pela sua densidade, a qual determina suas características flutuantes (sobrenatantes) na ultracentrifugação (VIRU & VIRU, 2001: 55). Diferentes concentrações de lipídios e proteínas produzem partículas com diferentes densidades, variando de lipoproteínas com densidades muito baixas (VLDL e LDL) até lipoproteínas de alta densidade (HDL).

2.13.1 -HDL – COL

As lipoproteínas de alta densidade são sintetizadas no fígado como partículas pequenas, ricas em proteínas e contendo relativamente pouco colesterol e ésteres de colesterol. Essas lipoproteínas funcionam como removedoras do colesterol do sangue, transportando-o para o fígado (LEHNINGER et al., 1995: 505 - 510).

A HDL pode absorver os cristais de colesterol que começam a se depositar nas paredes arteriais e transferi-los de volta à circulação ao fígado (VIRU & VIRU, 2001: 56).

Os valores da fração de alta densidade do colesterol tendem a ter uma elevação devido ao aumento da atividade da lipoproteína lipase e do colesterol aciltransferase (GRANDJEAN et al., 2000).

Imediatamente após uma ultramaratona os níveis de HDL-col obtiveram um significativo aumento, voltando aos níveis basais após o segundo dia (WU et al., 2004).

Como já foi visto, aumentos de até 30% podem ocorrer após um exercício prolongado e intensivo (YU et al., 1999).

2.13.2 –LDL-COL E VLDL – COL

Quando a dieta contém mais ácidos graxos que a quantidade imediatamente necessária como combustível, eles são convertidos em triglicerídeos no fígado e unidos com apolipoproteínas específicas para formar lipoproteínas de densidade muito baixa, as VLDL (LEHNINGER et al., 1995: 504). Essas lipoproteínas transportam colesterol, ésteres de colesterol e triglicerídeos do fígado para os outros tecidos, onde os triglicerídeos são degradados pela lipase lipoprotéica convertendo VLDL em LDL (p.510).

As lipoproteínas de baixa densidade (LDL) transportam o colesterol para os tecidos periféricos, excluindo o fígado. São lipoproteínas ricas em colesterol e nos seus ésteres (LEHNINGER et al., 1995: 505-510).

As LDLs interagem com um receptor específico na membrana plasmática de várias células através da Apolipoproteína B. A ligação da Apo B no receptor forma uma lipoproteína completa para ser transportada para dentro da célula. O consumo de LDL pelas células é parte de um mecanismo hemostático que regula o metabolismo do colesterol intracelular e disponibiliza-o para as membranas plasmáticas para ser um componente estrutural essencial (VIRU & VIRU, 2001: 55).

Aproximadamente 65% do colesterol total é carregado no sangue pelo LDL. Ele é um agente perigoso e nocivo se oxidado, e mantém-se nas paredes arteriais, facilitando a formação de placas de ateroma (OHLSEN & ROGERS, 2004).

O autor anterior ainda salienta que o VLDL é composto principalmente por colesterol, e pouca proteína. Também tem tendência a se depositar nas paredes das artérias, aumentando o risco de aterosclerose e problemas cardiovasculares.

Muitas investigações feitas sobre exercício e perfil lipídico mostraram resultados, que relatados no estudo de Yu et al., (1999), consideram que após uma carga prolongada de exercício aeróbico, os valores de LDL geralmente se tornam

mais baixos ou não sofrem nenhum tipo de alteração significativa. Quando esses valores caem, estão associados com a diminuição dos valores do colesterol VLDL.

Após um treinamento aeróbico extenuante ou um exercício aeróbico de alta intensidade, a atividade da enzima LPL (lipoproteína lipase) aumenta, elevando-se, assim, o aparecimento de LDL e o catabolismo do VLDL, que produzirá remanescentes ou subprodutos (Yu et al., 1999).

Após uma ultramaratona foi reportada uma queda nos níveis de LDL-col, sendo que a recuperação aos valores pré-competitivos demoram até 9 dias (WU et al., 2004).

2.14 –GLICOSE SANGUÍNEA

A glicose circulante proporciona um combustível vital para as funções do cérebro e das hemácias. A manutenção da homeostasia da glicose sanguínea passa a constituir um desafio durante o exercício de endurance de alta intensidade, quando as reservas musculares e hepáticas de glicogênio são depletadas rapidamente. Quando isso ocorre, o sistema nervoso central acaba metabolizando corpos cetônicos como combustível energético. Simultaneamente, a proteína muscular é degradada a fim de preservar os níveis plasmáticos de glicose (McARDLE et al, 1999: 158).

A concentração de glicose no sangue é hormonalmente regulada. Flutuações na glicose sanguínea devido à captação na dieta ou exercício vigoroso são contrabalanceadas por uma variedade de alterações desencadeadas por hormônios no metabolismo de vários órgãos (LEHNINGER et al., 1995: 585).

Durante uma atividade física, há uma estimulação do sistema nervoso simpático com aumento da liberação de adrenalina para a corrente sanguínea. A epinefrina prepara o organismo para aumentar sua atividade, mobilizando a glicose sanguínea a partir do glicogênio e outros precursores.

Um exercício prolongado (60 a 120 minutos) que atinja o ponto de fadiga pode depletar quase que completamente os estoques de glicogênio hepático e muscular;

ocasionando conseqüentemente uma queda da glicose sanguínea (MAUGHAN et al., 2000: 78).

Caso a glicose sanguínea decaia durante um evento de longa duração, há a liberação hormonal de glucagon. De acordo com Lehninger et al., (1995: 585), este hormônio estimula a liberação de glicose a partir do glicogênio hepático e desloca o metabolismo energético do fígado e dos músculos para ácidos graxos, poupando, assim, a glicose para o uso do cérebro.

Tal complicação poderia ser facilmente prevenida pelo uso da reposição de glicose durante um evento competitivo em concentrações adequadas e condizentes com a duração e intensidade do esforço.

Outra complicação comum que pode ser prevenida em atividades esportivas é a perda de fluidos e eletrólitos. Essas condições podem ser exacerbadas pelo esforço em condições extremas de temperatura e umidade.

2.15 - PERFIL HÍDRICO E MINERAL

Em uma atividade de natureza prolongada como o Triathlon, um grande desafio é manter o equilíbrio de fluidos e eletrólitos no controle da temperatura corporal (O'TOOLE & DOUGLAS, 1995).

Durante períodos de esforço acima de 60 minutos ou em condições de calor (acima de 25° - 30°), ou umidade relativa alta (acima de 55% da umidade relativa do ar), uma perda de água e sódio (potássio em menor extensão) no suor pode colocar o atleta em risco de hipovolemia, desidratação e desequilíbrio das concentrações de sódio e potássio séricos (WITTBRODT, 2003).

O mesmo autor ainda ressalta que, esportes de endurance como maratonas e triathlons criam uma necessidade supranormal de reposição, principalmente após a primeira hora de competição.

A desidratação pode ser avaliada por duas medidas distintas: o volume sanguíneo e a perda de peso corporal

2.15.1 – PESO CORPORAL

De acordo com Wittbrodt (2003), durante exercícios vigorosos acima de 20 minutos de duração, a perda de água excede a perda de eletrólitos. Estas perdas podem chegar de 2 a 5% da água corporal total ou, em casos mais graves, acima desses valores, se não houver reposição de fluídos. Esses valores de perda de fluídos podem chegar até 1L/h no ciclismo e na corrida.

Essa perda natural muitas vezes é associada a uma hipohidratação. A baixa ingestão de líquidos acelera a fadiga muscular e aumenta a sensação térmica de frio devido à conservação do suor em temperaturas baixas e diminuição da perfusão sanguínea da pele na tentativa de manter o volume intravascular (WITTBRODT, 2003).

Alguns estudos laboratoriais oferecem dados relevantes sobre a perda de peso corporal após atividade prolongada. O'Toole et al. (1987), identificaram que durante 5 horas de ciclismo seguido de 3 horas de corrida em esteira, o peso corporal decrescia de 1 a 2% durante o ciclismo e mais 2 a 3% na corrida, mesmo o atleta tendo disponível reposição de bebidas isotônicas.

Em um estudo australiano sobre a relação da ingestão *ad-libitum* de fluídos sob a performance de um triathlon olímpico mostrou que, apesar da disponibilidade de líquidos, a perda de calor e conseqüente sudorese, diminuía entre 2,3% a 5,2% o peso corporal após a prova olímpica de triathlon. E ainda, mostrou que a perda de fluídos correlacionava-se com o desempenho do atleta durante o ciclismo e durante a corrida. Isto é, sugestiona-se que uma ingestão adequada de fluídos durante os 40 km de bicicleta é determinante da performance. Esse mesmo equilíbrio hídrico quando ocorrido nos 10km de corrida pode prevenir o atleta dos efeitos deletérios da hipohidratação. Enfim, o estudo demonstrou que os atletas que perdiam mais de 2% do

peso corporal após o ciclismo tinham seus rendimentos comprometidos na corrida (COUTTS et al., 2000).

2.15.2 – ELETRÓLITOS

Concentrações adequadas de eletrólitos (sódio, cloro, magnésio, potássio e cálcio) são necessárias para manter as funções celulares normais (WITTBRODT, 2003, GLACE et al, 2002, MELUDU et al, 2002, SPEEDY et al., 2001, 2000, 1999, 1997, KONIG et al., 1998). A sudorese prolongada causa significativa perda de sais, que combinada com a perda hídrica predispõe o atleta a um serio estado de hiponatremia – perda excessiva de Na^+ (MUTH et al, 2005, SPEEDY et al, 2001, 1999, 1997) - e/ou hipocalemia – diminuição da concentração de K^+ (KONIG et al., 1998; SPEEDY et al., 2000), indutores da fadiga muscular.

Outros fatores intervenientes no desempenho são as quedas das concentrações de eletrólitos importantes no processo de contração-relaxamento constante das fibras musculares durante o exercício. Verificam-se alterações nas concentrações de Ca^{++} , K^+ , Na^+ .

2.15.2.1 – CÁLCIO

O cálcio em sua forma ionizada exerce importante função na composição do esqueleto e em reações essenciais como na coagulação sanguínea, na manutenção da integridade e permeabilidade das membranas celulares, na estimulação dos músculos esqueléticos e cardíaco, na condução neuromuscular e na ativação de várias enzimas (McARDLE et al., 1999: 62; BIOCLIN, 2004).

O cálcio é um modulador positivo nas reações de fosforilação do glicogênio para a glicose-1-fosfato, e nas reações de transformação de piruvato à acetil CoA, durante o ciclo de Krebs da glicólise aeróbica (POIAN & ALVES, 2002: 285).

Nas fibras musculares o Ca^{2+} tem uma contribuição essencial na auto-regulação celular, tendo ainda, o papel primário de coordenar o processo de excitação – contração muscular como gerador de potencial de ação. Ele integra o metabolismo energético, e ativa a contração muscular, atuando como estimulador da glicólise e outras enzimas mitocondriais (VIRU & VIRU, 2001: 8), e estimulador da glicogenólise, garantindo a produção anaeróbica de ATP (MAUGHAN et al., 2000: 9 e 142).

2.15.2.2 – POTÁSSIO

O potássio (K^+) é o cátion mais abundante do fluído intracelular e é liberado das células musculares em relação direta a intensidade do exercício (WARBURTON et al., 2002).

A concentração diminuída deste eletrólito abaixo de 3,5 mEq/L pode trazer prejuízos ao desempenho atlético como câibras abdominais e/ou de outros músculos esqueléticos (WITTBRODT, 2003).

Warburton et al, (2002) relataram que essa diminuição das concentrações séricas de K^+ , mais conhecida como hipocalemia, acontece geralmente devido a uma re-utilização do potássio dentro do músculo após o exercício, talvez como resultado de uma contínua estimulação de catecolaminas a partir da enzima Na/K ATPase do sarcolema, sem a utilização do metabolismo anaeróbico de isquemia muscular. Outra provável explicação poderia ser o aumento do fluxo sanguíneo aos músculos esqueléticos e/ou a elevação da acidose intracelular induzida pelo esforço.

2.15.2.3 – SÓDIO

O sódio é o cátion mais numeroso do fluido extracelular. Uma redução nas concentrações de sódio extracelular resultará em uma liberação de fluídos para o espaço intracelular, o que pode liderar uma expansão celular, a qual esta associada com complicações severas entre elas, a fadiga muscular. Esse estado onde as

concentrações de sódio estão abaixo de 130 mEq/L é conhecido como hiponatremia (WARBURTON et al., 2002).

A hiponatremia é induzida pelo exercício, sendo considerada a principal desordem eletrolítica após um esforço prolongado de endurance, e a que pode trazer maiores riscos a atletas engajados em treinamentos intensivos e de longa duração. No entanto, na maioria das vezes ela é assintomática (WARBURTON et al., 2002).

De acordo com um estudo de Speedy et al. (1999), 27% dos atletas que terminaram uma prova de triathlon de longa distância estavam com valores baixos na concentração de sódio, só que não necessitaram de cuidados médicos. Somente 4% dos atletas apresentaram a hiponatremia sintomática, e precisaram de cuidados médicos após a competição.

A hiponatremia que acomete os atletas é mais freqüentemente caracterizada pela hipoosmolalidade (hipotonicidade) do plasma. Essa condição é conhecida como hipotônica ou hiponatremia dilucional, ou seja, há mais água que o normal para a quantidade de substâncias dissolvidas no plasma (EICHNER, 1996).

A popular recomendação de ingerir fluidos (geralmente água) durante e após uma atividade física pode, às vezes, produzir efeitos adversos. Quando grandes quantidades de água (acima de 2 a 3 litros) são usadas como fluídos de reposição, o risco para hemodiluição de alguns eletrólitos se torna possível (WARBURTON et al., 2002; WITTBRODT, 2003).

Esforços para minimizar essas depleções ou elevações de marcadores que indicam possíveis lesões, estado de fadiga e potenciais distúrbios físicos e fisiológicos irão garantir o bem estar físico de triatletas, melhores e mais estáveis desempenhos, e redução de custos médicos.

3.0 - METODOLOGIA

3.1 – AMOSTRA

A amostra foi composta por 12 triatletas do sexo masculino residentes na cidade de Curitiba – PR, que possuíam um treinamento sistematizado por no mínimo 2 anos, e que estavam participando de competições oficiais promovidas pela Confederação Brasileira de Triathlon com distância olímpica. A seleção da amostra foi feita através da análise do melhor tempo em prova olímpica de triathlon, realizada nos últimos 6 meses, para garantir uma homogeneidade da amostra.

Os 12 atletas cumpriram uma prova simulada de triathlon com distâncias equivalentes a um triathlon olímpico (1500 m de natação, 40 km de ciclismo e 10 km de corrida).

3.2 – INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

3.2.1 – PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO EM LABORATÓRIO

O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Paraná (anexo 1) e todos os atletas assinaram um termo de consentimento de responsabilidade (anexo 2) antes de realizarem as avaliações.

Aproximadamente um mês antes do teste em campo, foram realizadas as avaliações da composição corporal de todos os atletas: peso, estatura e percentual de gordura; e avaliação fisiológica com teste de esforço máximo em esteira rolante para obter a frequência cardíaca máxima individual (FC máx) em laboratório acondicionado a uma temperatura de 20 a 22°C, e umidade relativa do ar entre 62 a 65% .

A avaliação do peso corporal foi feita em uma balança da marca *Filizola* com precisão de 0,1 kg; e a estatura feita em um estadiômetro, constituído de uma parte fixa a parede e outra parte na plataforma do aparelho, onde se desliza um cursor no qual se mede a estatura do indivíduo na posição em pé, com precisão do instrumento de 0,1 cm.

A aferição do pinçamento de uma prega de pele e gordura subcutânea, afastada do tecido muscular subjacente, foi feita com um Compasso da marca *HARPENDEN*, que registrou em milímetros a espessura dessa dupla camada.

O percentual de gordura individual foi calculado através da fórmula de Jackson & Pollock para atletas (1978):

$$D = 1,112 - 0,00043499 (S7DC) + 0,00000055 (S7DC)^2 - 0,00028826 (\text{idade})$$

Sendo que:

S7DC = tríceps+ subescapular+ axilar média+ peitoral+ suprailíaca+ coxa+ abdominal

A partir da densidade, foi usada a Fórmula de SIRI (1961) para a conversão final ao valor relativo de gordura corporal:

$$\%G = (4,95/D) - 4,5 \times 100$$

Para a avaliação em esteira usou-se um protocolo que consistiu em uma velocidade inicial de 6km/h com incrementos de 1km/h a cada 2 minutos de esforço, e 1% de inclinação constante na esteira.

Todos os atletas estavam monitorados por um frequencímetro da marca *Polar S610*, programado para gravar e armazenar os dados a cada 5 segundos de esforço.

De acordo com o ACSM (2006), as indicações gerais para finalizar um teste cardiorespiratório em adultos de baixo risco seriam: sintomas de angina; aumento excessivo da pressão arterial sistólica (>260 mm/Hg) ou pressão arterial diastólica (>115 mm/Hg); sinais de baixa perfusão sanguínea como dor de cabeça, confusão mental, náusea, frio, palidez; baixo aumento da frequência cardíaca com o aumento da intensidade do exercício; alterações do ritmo cardíaco; pedido do sujeito de finalizar o teste; manifestações físicas ou verbais de fadiga extrema; problemas com o equipamento de testagem. Problemas que não ocorreram durante o estudo.

3.2.2 – PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DURANTE A PROVA

A natação foi realizada indoor em uma piscina olímpica de 50m, o ciclismo e a corrida foram feitos outdoor, o primeiro em um circuito fechado de 2100m, e o segundo em uma pista de atletismo de 400m.

Apesar de bem variável o tempo (alternância de calor e chuva), a temperatura ambiente do dia da coleta, de acordo com os registros do SIMEPAR, alternou com mínima de 18,2 °C e máxima de 25 °C e, 77,1% da umidade relativa do ar.

Todos os atletas foram instruídos a chegar no local da prova às 8h da manhã, para organizar seus materiais e conhecer seus avaliadores. Cada atleta tinha dois assistentes de prova, o primeiro para fazer a coleta de lactato e o segundo para dar auxílio nas transições e fazer a contagem de voltas da natação, ciclismo e corrida.

Foram 15 voltas na piscina olímpica, 19 voltas no circuito de ciclismo e mais 25 voltas na pista de corrida. Todos os atletas foram avisados por seus assistentes quando faltava apenas 1 volta para o término de cada modalidade. Foi liberado um aquecimento na piscina por 10 minutos. Após o aquecimento todos os atletas seguiram para a primeira medida do peso corporal, seguida das coletas de sangue iniciais.

Foram 2 baterias de 6 atletas com 10 minutos de intervalo entre as largadas. A prova começou às 9h e foi interrompida somente para as pesagens e coletas de sangue durante as transições.

As amostras de sangue foram obtidas antes do início da prova (pré-prova), após a natação, depois do ciclismo, após a corrida e, ainda, 1 hora após a prova.

Em cada uma das 5 coletas eram retirados 15ml de sangue intravenoso, e 25 µl de sangue da polpa digital. As amostras sanguíneas foram conservadas em gelo e levadas a um freezer a -10 a -15 °C, até o momento da análise em laboratório dos parâmetros bioquímicos.

Para avaliar a intensidade do trabalho durante a prova, todos os atletas estavam equipados por um monitor de frequência cardíaca, da marca *Polar S610*, programado para gravar e armazenar os dados a cada 5 segundos de esforço. Esses dados

posteriormente foram transferidos para o computador para se obter a média da frequência cardíaca em cada modalidade e sua intensidade relativa.

Não foi permitido nenhum tipo de alimentação ou suplementação calórica durante a prova, para não este fator interveniente na pesquisa. Somente a água era disponibilizada durante o ciclismo e corrida, *ad libitum*. Toda a água ingerida foi quantificada e anotada após cada uma das modalidades.

3.2.3 – AMOSTRAS SANGUÍNEAS E ANÁLISES BIOQUÍMICAS

Uma equipe especializada do Laboratório de Análises Clínicas METROLAB levou uma unidade móvel no dia da prova, e se responsabilizou pela coleta, armazenamento, processamento e análise das amostras sanguíneas dos atletas.

3.2.3.1 – LACTATO SANGUÍNEO

As coletas de lactato sangüíneo no dia da prova foram feitas pré prova, após a natação, após o ciclismo, após a corrida e 1h após o esforço cessado.

As amostras foram analisadas em um analisador de lactato da marca YSP 1500 STAT. O sangue (25 μ l) era retirado da polpa digital, através de através de um tubo capilar heparinizado calibrado para 25 μ l, e imediatamente transferia-se para tubos de plástico com tampa (Ependorf) contendo 50 μ l de Fluoreto de sódio a 1%, para armazenamento e refrigeração até a posterior análise laboratorial.

3.2.3.2 – COLETAS DURANTE A PROVA

As amostras sangüíneas foram obtidas antes da prova e durante as transições natação-bicicleta, bicicleta-corrida, após a corrida, e, ainda, 1 hora após o término da prova de triathlon com distância olímpica. As amostras de sangue foram colocadas em tubo heparinizado e mantiveram-se refrigeradas em temperatura de -4 a -6 °C, até o momento das dosagens bioquímicas.

3.2.3.3 – PERFIL HEMATOLÓGICO E FISIOLÓGICO

Cada amostra teve um hemograma completo com ênfase nas concentrações de leucócitos, hemácias, hematócrito e hemoglobina; e ainda as análises de CK, creatinina, LDH, ácido úrico, uréia. Estas análises foram realizadas de acordo com os procedimentos padrão do laboratório de análises sanguíneas.

3.2.3.3.1– CK

Método cinético UV otimizado (IFCC) para a determinação de creatina quinase em soro ou plasma. CR-NAC: unitest y AA. Marca *WIENER* lab. Rosário, Argentina. (WIENER lab, 2000).

3.2.3.3.2 – LDH

Método cinético UV otimizado (DGKC) para a determinação de lactato desidrogenase em soro. LDH – P: unitest. Marca *WIENER* lab. Rosário, Argentina (WIENER lab, 2000).

3.2.3.3.3 – ÁCIDO ÚRICO

Método enzimático colorimétrico para determinação quantitativa de ácido úrico em amostras de soro. QUIMIURIC: Uricase / Peroxidase. Marca *EBRAM* produtos laboratoriais (EBRAM lab, 2004).

3.2.3.3.4 – URÉIA

Método Cinético UV para a determinação de uréia em soro ou plasma. UREA: Cinética AA. Marca *WIENER* lab. Rosário, Argentina (WIENER lab., 2000).

3.2.3.3.5 – CREATININA

Reação cinética para determinação quantitativa de creatinina em amostras de soro. QUIMICREA: Creatinina Picrato Alcalino. Marca EBRAM produtos laboratoriais (EBRAM lab., 2004).

Procedimentos cinéticos tornaram-se populares por causa de sua rapidez, simplicidade e capacidade de evitar interferências (de proteínas e carboidratos).

3.2.3.3.6 – CONTAGEM DE CÉLULAS VERMELHAS DO SANGUE

Método de impedância com mensuração volumétrica (Sistema CELL-DYN 1400). A diluição é feita entre uma parte do sangue total em 12.800 partes de diluente.

3.2.3.3.7 – HEMATÓCRITO

O valor é calculado a partir dos valores da contagem de hemácias e a média do volume corpuscular

$$\text{HCT} = \text{Contagem de hemácias} \times \text{média do volume corpuscular}$$

3.2.3.3.8 – HEMOGLOBINA

Método Cianmetehemoglobina modificado com autoblack (Sistema CELL-DYN 1400). A diluição é feita entre uma parte do sangue total em 250 partes de diluente + $1,0 \pm 2,5$ ml de reagente lise.

3.2.3.3.9 – FERRO SÉRICO

Método colorimétrico para determinação de ferro. Kit Fer-Color AA. Marca WIENER lab. Rosário, Argentina (WIENER lab., 2000).

3.2.3.3.10 – FERRITINA

Método imunoenzimático de quimioluminescência, com kit Ferritin Immunolite, Med Lab – EUA.

3.2.3.3.11 – CONTAGEM DE LEUCÓCITOS DO SANGUE

Método de impedância com mensuração volumétrica (Sistema CELL-DYN 1400). A diluição é feita entre uma parte do sangue total por 250 partes de diluente + $1,0 \pm 0,25$ ml de reagente lise.

3.2.3.4 – GLICOSE E LIPÍDIOS PLASMÁTICOS.

As amostras sanguíneas armazenadas em tubos heparinizados foram centrifugadas e o plasma foi separado e acondicionado em frascos próprios para tais análises de glicose, triglicerídeos, colesterol total e frações LDL e HDL.

3.2.3.4.1 – GLICOSE PLASMÁTICA

Método enzimático para determinação de glicose em amostras de soro ou plasma. QUIMIGLI-OX: Glicose Oxidase. Marca *EBRAM* produtos laboratoriais (EBRAM lab., 2004).

3.2.3.4.2 – TRIGLICERÍDEOS

Método enzimático para determinação de Triglicerídeos em amostras de soro ou plasma. TG COLOR: GPO/PAP AA. Marca *WIENER* lab. Rosário, Argentina (WIENER lab., 2000).

3.2.3.4.3 – COLESTEROL TOTAL

Método enzimático para determinação quantitativa de colesterol em amostras de soro. QUIMICOL: Colesterol Esterase-Peroxidase. Marca *EBRAM* produtos laboratoriais (EBRAM lab., 2004).

Os valores isolados de colesterol não podem ser tomados como índices de previsão de riscos, e sim, é necessário compor um perfil lipídico com recursos de triagem e dosagem plasmática de triglicérides, e a distribuição das lipoproteínas HDL e LDL.

3.2.3.4.4 – COLESTEROL HDL

Método espectrofotométrico para determinação quantitativa de colesterol HDL em amostras de soro. COLESTEROL HDL: reagente precipitante. Marca *BIOSYSTEMS SA reagent & instruments*. Barcelona, Espanha

As lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) e de baixa densidade (LDL) presentes na amostra, precipitam na presença de fosfotungstato e íons magnésio. O sobrenatante contém as lipoproteínas de alta densidade (HDL).

3.2.3.4.5 – COLESTEROL LDL

Método espectrofotométrico para determinação quantitativa de colesterol LDL em amostras de soro. COLESTEROL LDL: reagente precipitante. Marca *BIOSYSTEMS SA reagent & instruments*. Barcelona, Espanha

3.2.3.4.6 – COLESTEROL VLDL

Cálculo a partir dos valores de triglicerídeos. O VLDL é a quinta parte da quantidade de triglicerídeos.

VLDL = triglicérides totais / 5

3.2.3.5 - ELETRÓLITOS

Cada amostra teve a análise das concentrações Na^+ , Ca^{2+} e K^+ , e ainda Ferro e ferritina. Estas análises foram realizadas de acordo com os procedimentos padrão do laboratório de análises sanguíneas.

3.2.3.5.1 – CÁLCIO

Teste colorimétrico para determinação de cálcio. Marca *BIOCLIN* – Quibasa Química Básica Ltda (BIOCLIN, 2004).

A determinação é feita por colorimetria medindo a intensidade de cor produzida pelo composto formado entre a orto-cresolftaleína complexona e o Ca^{2+} , em pH alcalino.

3.2.3.5.2 – POTÁSSIO

Método eletrodo íons seletivos, aparelho AVL (AVL - Medical Division Graz, *Áustria*).

3.2.3.5.3 – SÓDIO

Método eletrodo íons seletivos, aparelho AVL (AVL - Medical Division Graz, *Áustria*).

3.2.3.6 – PESO CORPORAL E HIDRATAÇÃO

Todos os 12 atletas tiveram a verificação do peso corporal em 5 momentos diferentes: pré prova, após a natação, após o ciclismo, ao final da corrida e 1 hora após o término da prova, e anotados na folha de controle de peso corporal (anexo 7).

A primeira medida foi feita com os atletas molhados, após o aquecimento na piscina olímpica. A última coleta (1h após o encerramento da prova) foi realizada após a hidratação e nutrição dos atletas.

A hidratação, somente água *ad libitum*, estava liberada durante o ciclismo e durante a corrida, e a quantidade ingerida pelo atleta foi quantificada e anotada na folha de controle de prova (anexo 6), após o término de cada uma das modalidades.

O objetivo da pesagem e controle da hidratação foi verificar a desidratação de todos os atletas após uma prova de triathlon olímpico, e suas possíveis relações com o desempenho final da prova.

A pesagem foi feita sempre em uma mesma balança da marca *Filizola* com precisão de 0,1 kg, (5 disponíveis durante a prova).

3.3 – PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

A intenção do não uso de qualquer tipo de alimentação e/ou suplementação foi necessária para evitar qualquer outra variável interveniente no desempenho do atleta, que não fosse o esforço físico durante a prova. No entanto, a temperatura ambiente e a desidratação durante a prova poderiam ser consideradas variáveis intervenientes, que não puderam ser controladas, pelo fato da pesquisa ter sido realizada em campo, e que poderiam vir a interferir diretamente no comportamento de alguns marcadores fisiológicos e bioquímicos estudados.

A fim de elucidar os objetivos abordados neste estudo, os dados foram expressos em médias \pm erro padrão, e após a realização de um teste de normalidade de Shapiro Wilks determinou-se o tipo análise: não paramétrica.

Os dados não paramétricos foram analisados através de um teste de Wilcoxon, e teste de 2 amostras pareadas para detecção de diferenças com $p < 0,05$.

Todas as variáveis estudadas foram correlacionadas entre si através da estatística de Correlação não paramétrica de Spearman ($p < 0,05$).

As análises foram realizadas através do pacote estatístico computacional SPSS versão 13.0 para Windows. O design estatístico é mostrado nos quadros a seguir:

QUADRO 1 – Design estatístico da mensuração da frequência cardíaca dos atletas (n=12)

Variáveis	Máximo	Após natação	Após ciclismo	Após Corrida	Após 1h
FC (bpm)	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep
FC (%)	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep

QUADRO 2 – Design estatístico das concentrações de lactato sanguíneo (n=12)

Variável	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após Corrida	Após 1h
Lactato (mmol)	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep

QUADRO 3 – Design estatístico das variáveis enzimáticas dos triatletas: CK e LDH (n=12)

Variáveis	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após Corrida	Após 1h
CK	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep
LDH	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep

QUADRO 4– Design estatístico das concentrações dos resíduos nitrogenados da amostra: ácido úrico, uréia e creatinina (n=12)

Variáveis	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após Corrida	Após 1h
Ácido úrico	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep
Uréia	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep
Creatinina	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep	Média \pm ep

QUADRO 5– Design estatístico do perfil glicêmico dos atletas (n=12)

Variáveis	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após Corrida	Após 1h
Glicose	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep

QUADRO 6 – Design estatístico do perfil hematológico da amostra (n=12)

Variáveis	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após Corrida	Após 1h
Cont.Hemácias	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Cont.leucócitos	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Hematócrito	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Hemoglobina	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Ferro	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Ferritina	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep

QUADRO 7 – Design estatístico do perfil lipídico dos triatletas (n=12)

Variáveis	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após Corrida	Após 1h
Colesterol total	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Col – HDL	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Col – LDL	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Col – VLDL	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Triglicerídeos	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep

QUADRO 8 – Design estatístico da concentração de eletrólitos e peso corporal dos triatletas (n=12)

Variáveis	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após Corrida	Após 1h
Na ⁺	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Ca ⁺⁺	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
K ⁺	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep
Peso	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep	Média ± ep

QUADRO 9 – Correlação entre o tempo de cada modalidade e o tempo de prova dos triatletas (n=12)

Tempo x Desempenho	Natação	Ciclismo	Corrida
Tempo Total de Prova			

* significância com $p \leq 0,05$

** significância com $p \leq 0,01$

QUADRO 10 – Correlação entre a concentração de lactato de cada modalidade e o tempo de prova dos triatletas (n=12)

Lactato x Desempenho	Natação	Ciclismo	Corrida
Tempo de Prova			

QUADRO 11 – Correlação entre as variáveis hematológicas ao final da prova de triathlon olímpico (n=12)

	Hemácias	Hematócrito	Hemoglobina
Hemácias	----		
Hematócrito		----	
Hemoglobina			----

* significância com $p \leq 0,05$

** significância com $p \leq 0,01$

4.0 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

O triathlon olímpico é um evento que requer dos atletas uma performance em percentuais elevados de suas capacidades físicas por mais de 2 horas.

Neste estudo o tempo total médio de prova foi de 2h12min31seg, sendo que deste tempo total, 23min19s foram gastos na natação, 1h02min21s durante o ciclismo e 47min31seg na corrida.

Alguns preditores fortes ao desempenho final de um triathlon com distâncias olímpicas conseguiram ser contemplados neste estudo. De acordo com Coutts et al. (2000), a performance na corrida é o preditor mais forte do tempo total de prova. Isso pode ser verificado a seguir, a partir dos dados coletados nesse estudo.

Neste estudo, o tempo de prova é a soma dos tempos de cada modalidade descontado o tempo de intervenção experimental (coleta de sangue e lactato de polpa digital).

Tabela 1 - Correlação entre o tempo de cada modalidade e o tempo total de prova; e o tempo de cada modalidade e a classificação final da prova.

Tempo x Desempenho	Natação	Ciclismo	Corrida
Tempo Total de Prova	0,643*	0,846**	0,853**

* significância com $p \leq 0,05$

** significância com $p \leq 0,01$

A partir da correlação apresentada na tabela 1, pode-se notar como a corrida é realmente a modalidade de maior influência para o desempenho final de uma prova de triathlon olímpico. Geralmente os atletas que conseguem os melhores tempos na corrida são aqueles que finalizam a prova nos primeiros lugares. No estudo de Coutts et al. (2000), os valores de correlação entre o tempo de corrida e o tempo final de prova eram de $r=0,896$, extremamente próximos dos valores encontrados nesse estudo

($r=0,853$). Assim como a correlação entre os tempos de ciclismo ($r=0,846$) e natação ($r=0,643$). No estudo citado previamente (COUTTS et al, 2000), os valores do ciclismo também apresentavam maiores coeficientes com o tempo de prova ($r=0,81$) do que o tempo da natação ($r=0,554$). Apesar dessa pesquisa ter simulado uma prova de triathlon com distâncias olímpicas, em condições experimentais diferentes das do artigo de Coutts et al. (2000), as modalidades preditoras de uma melhor performance no triathlon mostram-se ordenadamente iguais: corrida, ciclismo e natação. Algumas diferenças entre as pesquisas que poderiam ser referenciadas seriam: o tamanho da piscina (foi usado uma piscina de 50m versus uma piscina de 25m do artigo), a distância e nível de dificuldade do circuito de ciclismo (2100m do circuito utilizado x 10000m do circuito australiano), ainda a menor quantidade de fluídos ingeridos durante o ciclismo (659 ml x 899 ml) e o tipo de fluído ingerido (somente água *ad libitum* foi permitida nessa pesquisa, enquanto no que foi publicado os atletas utilizavam de isotônicos *ad libitum*)

Apesar desses dados serem interessantes como comparativo de outros estudos sobre triathlon olímpico, o objetivo principal desse estudo foi analisar alguns biomarcadores que poderiam ter uma relação direta com o desempenho de atletas durante uma prova de triathlon olímpico.

Os 12 atletas que fizeram parte do estudo participaram de uma avaliação prévia em laboratório para a caracterização física e fisiológica. Na tabela 2 é mostrado o perfil dos triatletas:

TABELA 2 – Caracterização da amostra de triatletas (n=12)

Idade (anos)	Peso (kg)	Estatura (cm)	% Gordura
27,9 (1,73)	73,88 (2,16)	177,9 (1,73)	7,3 (0,55)

Valores expressos em média (erro padrão).

Alguns estudos com triatletas especializados em distância olímpica (LOPES et al., 2005, MILLET et al., 2003, 2000, RIETJENS et al., 2002, COUTTS et al., 2000), mostram perfis desses atletas bem condizentes com a amostra escolhida deste estudo.

A maioria dos atletas amadores que se envolvem com esta modalidade olímpica tem idade acima de 25 anos, peso corporal próximo aos 70kg e estatura acima de 170cm, com percentuais de gordura entre 7 a 10% (LOPES et al., 2005, MILLET et al., 2004, RIETJENS et al., 2002, COUTTS et al., 2000).

Todos os atletas fizeram uma visita prévia ao laboratório, onde concluíram um teste de esforço máximo, em esteira rolante. A temperatura do laboratório no dia do teste foi mantida entre 20 a 22°C, e umidade relativa do ar entre 62 a 65%.

O teste de esforço máximo permitiu a verificação da frequência cardíaca máxima e, a partir de tais valores, diagnosticar os percentuais de esforço durante a prova de triathlon olímpico.

TABELA 3 – Comportamento da frequência cardíaca (FC) em termos absolutos e relativos durante a prova. Valores expressos em média e erro padrão.

	Natação		Ciclismo		Corrida	
FCmáx(bpm)	FC (bpm)	FC (%)	FC (bpm)	FC (%)	FC (bpm)	FC (%)
190,8 (1,5)	162,7 (3,9) ^{ab}	85,2 (1,5)	164,6 (2,3) ^a	86,3 (0,9)	159,5 (3,3) ^b	83,6 (1,3)

* diferença significativa entre letras diferentes (p≤0,05)

Nessa pesquisa, a maior intensidade foi atingida durante o ciclismo, seguida pela natação e corrida. Essa intensidade mostrou-se diferente significativamente entre o ciclismo e a corrida (p<0,05).

Todas as frequências cardíacas estiveram altamente correlacionadas, isto é, os atletas que tiveram valores absolutos mais elevados na natação também tiveram suas frequências absolutas mais altas no ciclismo (0,825, p<0,01) e na corrida (0,681, p<0,05); assim como entre o ciclismo e a corrida (0,869, p<0,01).

A intensidade da prova para os atletas é considerada vigorosa de acordo com ACSM (2006), que expõe que valores acima de 65% da frequência cardíaca de reserva, ou 65% do $\text{VO}_2\text{máx}$, são considerados intensos.

Utilizando uma relação proposta pelo próprio Colégio Americano de Medicina Esportiva (2005), e confirmado por alguns artigos (OSIECKI et al, 2005; SWAIN et al, 2004), mostra-se que uma intensidade de 70% da Frequência Cardíaca de reserva seria equivalente a um $\text{VO}_2\text{máx}$ de mesmo valor, 70%, e que tais intensidades referenciarium um equivalente de aproximadamente 85% da Frequência cardíaca máxima.

A partir desta relação, a única modalidade que ficaria um pouco abaixo dos 70% do $\text{VO}_2\text{máx}$, mas ainda seria considerada como um exercício intenso, seria os 10 km de corrida que tiveram uma média de 83,6% da FCmáx ; já as intensidades da natação de 85,2% da FCmáx e do ciclismo de 86,3% da FCmáx , mostram a tolerância desses atletas em trabalhar em intensidades muito fortes por mais de 2 horas.

Esses valores absolutos e relativos da frequência cardíaca máxima mostram-se superiores aos expostos por Rohde et al. (1996), que encontrou em um triathlon, com distâncias superiores a uma prova olímpica, uma média da frequência cardíaca durante o ciclismo de 148 bpm ou 74% da FC máxima; e na corrida uma média de 159 bpm ou uma intensidade de 81% em relação à frequência cardíaca máxima. No entanto, nesse estudo a suplementação e ingestão de fluídos foi permitida e não controlada.

4.1 – CONCENTRAÇÃO DE LACTATO SANGUÍNEO

Em um mesmo percentual de esforço, indivíduos diferentes podem se encontrar em fases distintas em relação à cinética do lactato, o que é determinante para a duração e manutenção da qualidade do exercício (McARDLE et al, 1999: 251).

O lactato é mais um intermediário metabólico do que um produto final do metabolismo energético. O lactato é continuamente formado e liberado de diversos

tecidos como os músculos esqueléticos e as células vermelhas sanguíneas. O lactato também serve como uma fonte energética em tecidos altamente oxidativos como o coração e o precursor da gliconeogênese, o fígado; sendo assim, um bom marcador indireto de alterações no metabolismo celular (ROBERGS, 2001).

Na tabela abaixo serão mostrados os valores absolutos da concentração de lactato imediatamente antes da prova, durante as modalidades do triathlon e após uma recuperação de 1 hora.

TABELA 4 – Concentração de lactato sanguíneo durante a prova. Valores expressos em média e erro padrão.

	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
LACTATO(mmol/L)	2,06 (0,22) ^a	5,75 (0,35) ^{bc}	6,98 (0,74) ^b	4,47 (0,5) ^c	2,5 (0,19) ^a

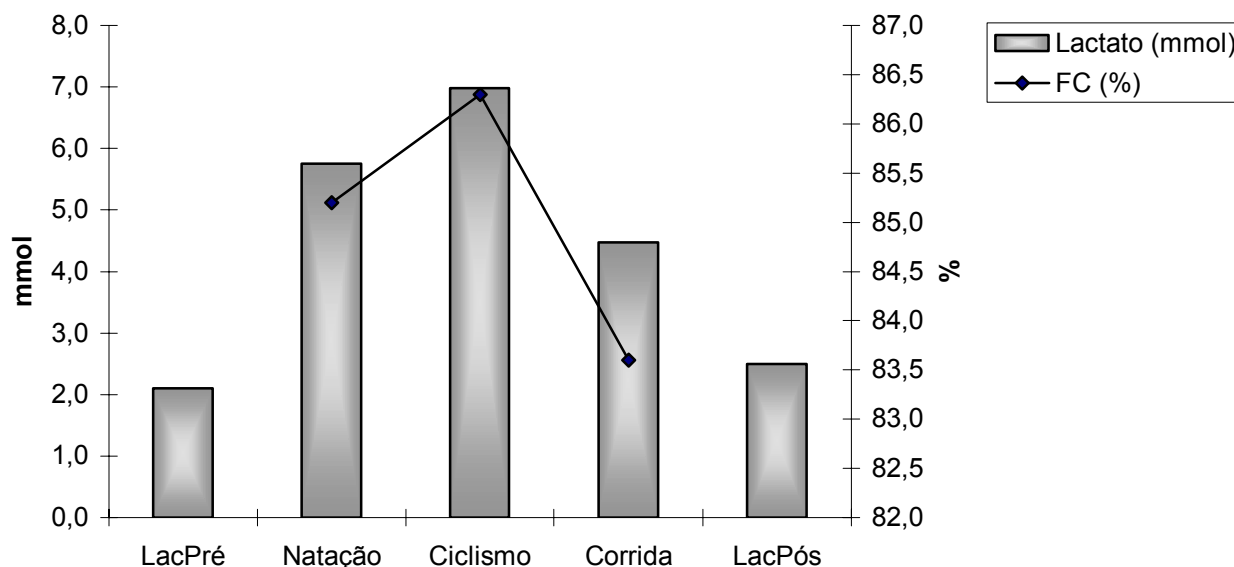
* diferença significativa entre letras diferentes ($p \leq 0,05$)

Os valores de lactato sanguíneo durante a prova mostram que apesar do triathlon ser uma prova de predominância aeróbica, o metabolismo glicolítico está bastante presente dentro de todas as modalidades. Se considerarmos o padrão proposto por Sjodin & Jacobs (1981), que afirmaram existir um valor fixo igual a 4,0 mmol/L para definir o limiar anaeróbico (OBLA), a prova teria sido realizada sempre supra limiar. Justifica-se a escolha desta concentração fixa em função da maioria dos sujeitos apresentarem, nessa intensidade do exercício, o máximo balanço entre a produção e remoção do lactato.

Os valores de lactato pré-prova mostraram-se mais elevados do que o normal por terem sido coletados após o aquecimento na piscina dos atletas. As concentrações de lactato sanguíneo, apesar de sofrerem algumas alterações devido a temperatura ambiente e desidratação, foram mais elevadas durante o ciclismo (6,98 mmol/L), seguido pela natação (5,75 mmol/L) e corrida (4,47 mmol/L). Tais valores foram condizentes com as intensidades percentuais de cada modalidade, mostrados pela

frequência cardíaca mais elevada no ciclismo (86,3 %), seguida pela natação (85,2%) e corrida (83,6%), de acordo com o gráfico 1.

GRÁFICO 1 – Concentração de lactato sanguíneo e percentual da frequência cardíaca máxima durante o triathlon olímpico



Todos os valores de lactato durante a prova se diferenciaram dos valores pré prova e de recuperação ($p < 0,05$).

Nenhum estudo foi encontrado quanto valores referenciais de lactato durante um triathlon, nem suas relações entre a produção lactacidêmica por modalidade e o desempenho final de uma prova. Acredita-se que a natação, por ser a primeira modalidade de um triathlon, seja determinante ao acúmulo de lactato para as modalidades subseqüentes, pois apesar de haver uma remoção de lactato durante a corrida, os valores no ciclismo foram bem elevados, caracterizando uma intensa produção e pouca remoção de metabólitos influentes no desempenho.

De acordo com McArdle et al. (1999: 292), existe uma importância relativa dos fatores periféricos no desempenho de esforços acima de 30 minutos, e que tem nas mensurações de lactato sanguíneo um bom preditor da performance.

Tabela 5 - Correlação entre a concentração de lactato por modalidade e o tempo de prova.

Lactato x Desempenho	Natação	Ciclismo	Corrida
Tempo de Prova	0,147	0,133	- 0,259

No entanto, na correlação dos parâmetros lactacidêmicos com o desempenho final do triathlon, os valores de lactato não mostraram ser preditivos ao tempo de prova ($p > 0,05$). Ou seja, pela concentração de lactato ser extremamente individual; valores mais altos ou valores mais baixos não implicam diretamente na performance final desta prova, podendo ser explicado pela individualidade de cada atleta em remover ou tolerar melhor, a quantidade de lactato produzida; e suas respostas individuais quanto a temperatura ambiente e desidratação durante a prova.

4.2 – BIOMARCADORES SANGUÍNEOS

O desempenho de uma prova pode ser influenciado por diversos fatores. Analisar biomarcadores sanguíneos têm se tornado uma prática regular, já que a atividade metabólica constitui em uma parte essencial dos processos adaptativos, incluindo a adaptação da atividade muscular.

O sangue é uma importante parte do ambiente interno do corpo. Estudos sanguíneos se tornam confiáveis em obter informações sobre a saída de metabólitos dos tecidos, sobre a exaustão de substratos essenciais, e as atividades do sistema imune (VIRU & VIRU, 2001).

Estudos imunológicos estabelecem uma ligação importante entre a melhora da performance e as condições de saúde do atleta, permitindo direcionar a atenção para possíveis riscos.

A partir de agora serão mostrados e discutidos alguns biomarcadores sanguíneos que poderão elucidar como, a intensidade e duração do triathlon podem interferir nos processos metabólicos enzimáticos dos atletas, influenciando em suas performances de maneira positiva ou negativa.

4.2.1 – ENZIMAS MUSCULARES – CK E LDH

As enzimas musculares são liberadas na circulação durante lesões das células musculares. Suas atividades têm sido úteis como biomarcadoras na fisiologia do exercício e na medicina esportiva para detecção de degradação muscular e sobrecarga de trabalho (TOTSUKA et al, 2002).

A primeira, e uma das principais biomarcadoras de degeneração protéica que será mostrada é enzima creatina quinase (Tabela 6).

TABELA 6– Valores de CK durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média (erro padrão)

	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
CK (U/L)	245,8 (83,5) ^a	313,3 (85,7) ^b	371 (104,5) ^{bd}	408,9 (114) ^{ce}	366,9 (96,8) ^{de}

* diferença significativa entre letras diferentes (p≤0,05)

Os valores da enzima creatina quinase mostraram-se elevados já a partir da natação, mantendo-se constante após o ciclismo e aumentando ainda mais após a corrida. Após o término da prova esses valores atingiram pico de concentração, indicando um intenso estado catabólico pós-prova. Apesar da 1 hora de recuperação, esses valores de CK não se diferenciaram estatisticamente do valor imediatamente após o término da prova.

Warburton et al. (2002), ressaltam que o aumento desta CK plasmática seria provavelmente o resultado da liberação da creatina dos músculos ativos, associado com a desidratação e/ou com uma redução do fluxo sanguíneo renal e queda da taxa de filtração glomerular.

Em triatlons com distâncias maiores, como o Ironman da Nova Zelândia, os valores de CK estavam extremamente aumentados na média dos 64 atletas que participaram do estudo (valores médios de CK de 1515 U/L), o que se concluiu ser uma prova de grande stress fisiológico e alta deterioração músculo esquelética dos atletas (CLEAVE et al, 2001).

Neumayr et al. (2002), monitoraram uma prova de ciclismo de ultraendurance de 460km. A prova, que durou mais de 20h em uma intensidade média de 71% da FC máxima, alterou alguns biomarcadores como os valores de CK que se mostraram maiores (420 U/L) que os valores de repouso (43 U/L) e acima dos valores referenciais dessa variável (25-195 U/L).

Sugere-se como em outros estudos (ROHDE et al, 1996; NEUMAYR et al, 2002; ZOPPI et al., 2003) uma outra faixa de referência para os valores de CK para atletas, uma vez que os atletas participantes de tais estudos não apresentavam nenhum tipo de lesão muscular, e mesmo assim possuíam valores de referência para concentração de CK acima dos referenciais normais já em repouso.

Este fato também pode ser observado nesta pesquisa. Os valores iniciais pré prova já se mostram bem acima dos valores limites de referência laboratorial (CK: limite máximo de 195 U/L), duplicando-se ao final da prova. Nenhum atleta relatou alguma lesão pré-prova.

Após uma corrida de downhill por 45 minutos, houve um aumento considerável da CK sérica devido às inflamações musculares causadas pelo trabalho excêntrico (MALM et al., 2004).

O aumento transitório pós-exercício de CK pode ser notado mesmo após de um teste de Wingate de 30 segundos, explicado pela elevada taxa de permeabilidade da membrana das células musculares (BAKER et al, 2004).

No entanto, alguns estudos não encontraram alterações enzimáticas de creatina quinase após esforços intensos.

Em um estudo feito por Rohde et al. (1996), mostrou que as concentrações de Creatina quinase após um triathlon com distâncias de 2500 m de natação, 81km de ciclismo e 19 km de corrida, não se alteravam após cada modalidade, nem após 2h a 4 dias de recuperação, no entanto os valores iniciais de repouso já estavam notoriamente elevados (1043 U/L). Sugere-se que a não alteração dos valores de creatina quinase poderia ser explicada pelo alto treinamento desses atletas que minimizaram a deterioração muscular induzida pelo triathlon.

A atividade da enzima CK dosada no plasma, utilizada para quantificar os níveis de alteração muscular não mostrou variação significativa durante uma temporada competitiva de futebol, embora tenha apresentado grande variabilidade entre os sujeitos. Os valores da concentração plasmática de CK encontrados em jogadores de futebol sempre estiveram bem acima dos valores de referência para sujeitos não atletas (ZOPPI et al., 2003). Isso evidencia um maior nível de alteração muscular, ou pelo menos uma maior permeabilidade da membrana sarcolemal neste grupo de atletas.

Outra enzima que possui um papel importante dentro do metabolismo glicolítico é a Lactato Desidrogenase. Suas concentrações antes, durante e após a prova são mostradas a seguir (Tabela 7):

TABELA 7 - Valores de LDH durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média (erro padrão).

	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
LDH (U/L)	326,4 (27,2)	349,7 (47,3)	304,6 (33,3)	357 (31,5)	349,6 (41,3)

Não houve alterações significativas nos valores de LDH durante todo o triathlon olímpico. No entanto, percebe-se uma tendência crescente de valores, sendo o final da prova bem mais elevado que em seu início.

Esse resultado vai de encontro com o relatado por outros autores como: Aslan et al. (1998), que mostraram que marcadores de danificação muscular como CK e LDH tiveram seus níveis aumentados após um exercício agudo de corrida submáxima por

apenas 20 minutos; Wu et al (2004), que encontraram diferenças positivas na concentração enzimática de LDH após uma competição de ultramaratona; e Long et al. (1994) que estudaram um triathlon com distâncias inferiores (Short Sprint Triathlon) e já constatou alterações nas concentrações de LDH, tendo níveis de significância de $p < 0,05$ ou menor.

Esta pesquisa que avaliou tais fatores estressantes em um triathlon de maior duração não foi capaz de encontrar diferenças significativas acentuadas na variável enzimática de LDH. A concentração elevada de LDH após a prova seria resultado de uma intensa e continua liberação de enzimas provenientes do coração, dos músculos e do fígado devido ao exercício prolongado e extenuante.

4.2.2 – RESÍDUOS METABÓLICOS – URÉIA, ÁCIDO ÚRICO E CREATININA.

Alguns autores (HANSON, 2001; PADILLA et al, 2000) sugerem que a concentração de resíduos nitrogenados no plasma sanguíneo como uréia e ácido úrico, podem servir como medida da quebra de proteínas musculares (degradação protéica) e ainda um marcador de overtraining, pois está relacionado com o estado catabólico induzido pelo exercício intenso e prolongado, o qual aumenta a excreção de nitrogênio na urina e eleva a quantidade de uréia no sangue.

TABELA 8 - Valores de uréia durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão.

	Pré prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
URÉIA(mg/dL)	37,2 (2,5) ^a	37,3 (2,3) ^a	40,9 (3,0) ^b	38,9 (4,2) ^{bc}	43,6 (2,7) ^c

* diferença significativa entre letras diferentes ($p \leq 0,05$)

O esforço agudo induz o catabolismo. O acúmulo de uréia no sangue depende da intensidade e da duração dos exercícios esportivos (VIRU & VIRU, 2001), podendo

aumentar acima de 100% como resultado do esforço físico (HARTMANN & MESTER, 2000).

Enfim, utilizando como base à referência anterior, pudemos concluir que o triathlon olímpico realizado foi um esforço agudo de alta intensidade, e duração suficiente para induzir alterações significativas na concentração de uréia. Valores esses que se diferenciaram dos valores de repouso logo após os 40 km de ciclismo e que permaneceram altos até o final da prova, tendo seu pico catabólico supra limiar (limiar de referência para uréia até 40 mg/dL) durante a recuperação.

Um estudo de Neumayr et al. (2002), reportaram alterações bioquímicas após uma prova de ciclismo de ultraendurance, mostrando alterações nas concentrações de uréia de repouso (33 mg/dL) para o final da prova (58 mg/dL). Os valores após 24 horas não retornaram aos seus valores de repouso, permanecendo altos (57 mg/dL).

Atletas geralmente exibem altas concentrações de uréia em repouso, provavelmente como um resultado do estresse contínuo do treinamento. Essas altas concentrações também se mostram após um exercício intenso e prolongado. Pode-se explicar esses valores mais altos pela redução do fluxo sanguíneo renal (conseqüência da queda na taxa de filtração glomerular), ou ainda, pela deficiência de volume de fluidos e/ou aumento do catabolismo protéico (WARBURTON et al., 2002).

Durante o período de recuperação de uma sessão de treinamento ou competição, as reservas de energia e os recursos protéicos podem ser extensivamente usados para a síntese enzimática adaptativa; e as proteínas estruturais para restaurar a capacidade funcional das estruturas celulares. O aumento da atividade estrutural celular e, conseqüentemente, o aumento da capacidade funcional é realmente um resultado do processo de síntese do pós-exercício (VIRU & VIRU, 2001: 21), podendo explicar os altos valores de uréia uma hora após concluída a prova.

TABELA 9 - Valores de ácido úrico durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média (erro padrão)

	Repouso	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
Ác.Úrico(mg/dL)	5,9 (0,3) ^a	6,2 (0,3) ^a	7,3 (0,5) ^b	8,5 (0,7) ^c	7,8 (0,4) ^c

* diferença significativa entre letras diferentes (p≤0,05)

O ácido úrico pode desempenhar tanto o papel fisiológico de antioxidante celular quanto seus valores aumentados podem sugerir uma maior atividade enzimática oxidativa (ZOPPI et al., 2003). Uma simples corrida submáxima de 20 minutos já mostrou alterações significativas na elevação das concentrações de ácido úrico (ASLAN et al, 1998).

Neumayr et al (2002), que reportaram algumas alterações bioquímicas após uma prova de ciclismo de longa duração, mostraram uma elevação nas concentrações de ácido úrico do repouso (5,0 mg/dL) ao término da prova (5,9 mg/dL), permanecendo altos os valores (5,9 mg/dL) após 24 horas cessado o esforço.

Neste estudo pudemos comprovar a alta atividade oxidativa que ocorre durante um triathlon com distâncias olímpicas. Os valores supra limiares obtidos no final da prova e a baixa restauração após uma hora, realmente sugerem um indicativo de danos oxidativos promovidos pela prova.

Os valores acima de 7 mg/dL são considerados supra limiares e puderam ser encontrados após os esforços intensos de ciclismo e corrida, os quais se diferenciaram significativamente dos valores de repouso e após a natação.

Apesar dos valores de repouso já se encontrarem altos, esses dados apresentam-se com certa normalidade em atletas, não só de triathlon como também reportado por Zoppi et al. (2003) em jogadores de futebol. Após um acompanhamento de todas as fases competitivas de uma temporada de futebol, os valores de ácido úrico dos atletas não se alteravam durante as várias medidas, girando sempre em torno de 5 a 6 mg/dL.

TABELA 10 - Valores de creatinina durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão.

	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
Crea (mg/dL)	1,1 (0,04) ^a	1,2 (0,04) ^b	1,3 (0,1) ^c	1,4 (0,04) ^{cd}	1,2 (0,04) ^d

* diferença significativa entre letras diferentes (p≤0,05)

Pode-se reparar o aumento significativo de creatinina já ao final da primeira modalidade, elevando-se e diferenciando-se até o término da prova. O valor pico atingido ao final do triathlon não se alterou após uma hora de recuperação.

Níveis elevados de creatinina estão principalmente associados com a função renal anormal, sempre que há uma redução significativa na taxa de filtração glomerular. A concentração de creatinina é um melhor indicador da função renal do que a uréia ou o ácido úrico, porque não é afetada por dieta ou hormônios (NCCLS, 1999).

De acordo com Reid et al. (2004) e Warburton et al. (2002), a concentração de creatinina (produto da quebra da creatina do músculo esquelético) geralmente aumenta após um exercício intenso e prolongado, incluindo eventos como um meio Ironman, um short triathlon ou ainda uma maratona. Warburton et al. (2002), ainda, ressaltam que o aumento desta creatinina plasmática seria provavelmente o resultado da liberação da creatinina dos músculos ativos, associado com a desidratação e/ou com uma redução do fluxo sanguíneo renal e queda da taxa de filtração glomerular.

4.2.3 – PERFIL HEMATOLÓGICO

O perfil hematológico, mostrado a seguir, possui uma relação muito forte entre suas variáveis. Isto é, os valores de concentração de hemácias, hemoglobina, hematócrito e ferro possuem uma correlação forte. Alterações de um dos fatores hematológicos influenciará diretamente a mudança do outro; como se pode notar pela alta correlação entre tais variáveis (tabela 11).

Tabela 11 – Correlação entre as variáveis hematológicas ao final da prova

	Hemácias	Hematócrito	Hemoglobina	Ferro
Hemácias	----	0,643*	0,696*	0,711**
Hematócrito	0,643*	----	0,963**	0,298
Hemoglobina	0,696*	0,963**	----	0,252
Ferro	0,711**	0,298	0,252	----

* significância com $p \leq 0,05$

** significância com $p \leq 0,01$

A relação que é sustentada pela alta correlação deve-se às análises de hemoglobina e hematócrito serem realizadas a partir da concentração de hemácias da amostra. Isto é, Hauser (2001) identifica a média do volume de hemoglobina como a expressão do conteúdo da hemoglobina (peso) pela média das células vermelhas; e o hematócrito como sendo o volume ocupado pela quantidade de hemácias em um dado volume de sangue centrifugado.

Os eritrócitos, vitais para o metabolismo e circulação, não têm núcleo nem mitocôndria, sendo extremamente sensíveis ao estresse oxidativo (ASLAN et al., 1998). Abaixo, na tabela 12, estão mostradas as concentrações de eritrócitos durante as modalidades do triathlon olímpico.

TABELA 12 - Valores de células vermelhas durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão.

	Pré prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
CV (milhão/mL)	5,0 (0,1) ^a	5,3 (0,1) ^b	5,3 (0,1) ^b	5,3 (0,1) ^b	5,1 (0,1) ^a

* diferença significativa entre letras diferentes ($p \leq 0,05$)

As contagens de células vermelhas não se diferenciaram entre as modalidades do triathlon, permanecendo constantes com o passar da prova. No entanto, esses valores reduziram consideravelmente após 1 hora de recuperação ($p < 0,05$).

Essa manutenção da concentração de hemácias, e queda após a recuperação também foi encontrada após uma ultramaratona. Três indicadores de anemia: contagem de eritrócitos, hematócrito e hemoglobina não diferiram significativamente após uma ultramaratona de 24h. Apesar desses valores terem baixado após a prova (WU et al., 2004).

Apesar deste estudo não ter encontrado alterações significativas de aumento de eritrócitos, há uma tendência do exercício causar a eritrocitose. Isto pode ser explicado pelo exercício induzir a liberação de células sanguíneas armazenadas em outros sítios, por aumentar a hemólise pelo trauma mecânico e também por propiciar algumas lesões oxidativas nas hemácias.

TABELA 13 - Valores de hematócrito durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão

	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
Hct (%)	43,3 (1,0) ^a	46,0 (1,4) ^{bc}	46,0 (1,1) ^{acd}	46,0 (1,0) ^{bd}	44,2 (0,6) ^a

* diferença significativa entre letras diferentes ($p \leq 0,05$)

Neste estudo, vimos que o hematócrito permaneceu inalterado durante as modalidades do triathlon, no entanto, diferenciou-se dos valores mais baixos do repouso e da recuperação.

Esses dados encontrados vão a favor dos relatados por Eichner (1996), que descreveu em seu artigo que correr 2,4 km poderia aumentar o hematócrito em 5 a 12%. Nesta pesquisa o aumento do hematócrito do repouso para o final da prova de triathlon foi de 6,2%.

Outro estudo experimental com triatletas mostrou um aumento nos valores de hematócrito após o ciclismo, em cicloergômetro, e corrida, em esteira rolante, em ambiente laboratorial. Os valores de repouso em percentual (erro padrão) eram de 42,2 (0,52), elevaram-se para um percentual (ep) de 44,25 (0,5) após 20 minutos de ciclismo e tiveram uma ligeira queda, 43,55% (0,7), após mais 20 minutos corrida. Após 10 minutos de recuperação os valores de hematócrito em percentual (erro padrão) já haviam abaixado para 41,55 (0,6). As duas medidas após o ciclismo e a corrida não se

diferenciaram entre si, sendo significativas as alterações somente em relação ao repouso e a recuperação.

O perfil relatado no estudo de Galy et al. (2003), mostraram-se similares aos resultados de hematócrito encontrados nesse estudo.

TABELA 14 - Valores de hemoglobina durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão

	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
Hb (g/dL)	14,6 (0,3) ^a	15,5 (0,4) ^b	15,5 (0,3) ^b	15,5 (0,3) ^b	15,0 (0,2) ^a

* diferença significativa entre letras diferentes ($p \leq 0,05$)

A concentração de hemoglobina no sangue manteve-se estável durante as 3 modalidades do triathlon, diferenciando-se dos valores mais baixos do repouso e da recuperação.

Percebe-se, também, um aumento de 6,2% na concentração de hemoglobina do repouso em relação ao término da prova. Esse dado encontrado está próximo do relatado por Eichner (1996), que descreveu em seu artigo que pedalar vigorosamente por 10 minutos aumentaria a concentração de hemoglobina em cerca de 10%.

A hemoglobina por ser a principal responsável por carrear o oxigênio durante o processo oxidativo de uma atividade física, não sofreu alterações com o decorrer da prova, apesar de diferenciar-se dos níveis de repouso. Isto significa, que o aporte de oxigênio para a musculatura elevou-se ao início da atividade e manteve-se constante durante o esforço contínuo.

As concentrações estáveis de hemoglobina encontradas diferenciam-se dos padrões relatados em outros artigos internacionais publicados (RIETJENS et al., 2002, ESCANERO et al., 1997).

De acordo com Eichner (1996), atletas, principalmente aqueles que participam de provas de resistência, tendem a apresentar baixas concentrações de hemoglobina em repouso, em comparação à população em geral. Esse fenômeno pode ser considerado

como uma falsa anemia causada pela diluição das hemácias, resultante de um aumento no volume plasmático. Aparentemente, esse aumento no plasma sanguíneo é uma adaptação benéfica ao exercício aeróbico, pois apesar do atleta ter uma maior quantidade de sangue, este apresenta baixa viscosidade, ajudando no transporte de oxigênio à musculatura.

Esses dados foram comprovados em um estudo de acompanhamento de 3 anos das variáveis hematológicas de triatletas durante os períodos de treinamento, competição e fora de temporada; e mostrou uma queda de até 18% dos valores de hemoglobina abaixo dos níveis normais durante a fase competitiva (RIETJENS et al., 2002).

No entanto, Viru & Viru (2001: 119), mostram que a corrida pode resultar no aparecimento de hemoglobina livre no plasma em quantidades aumentadas, que geralmente pode ter relação com a hemólise intravascular (trauma por impacto ou por depleção de ferro).

A síntese de hemoglobina está relacionada com o metabolismo de ferro. No citoplasma dos hepatócitos, o ferro se combina com a Apoferritina e forma a ferritina. A ferritina constitui um estoque de ferro e também é encontrada no plasma sanguíneo.

TABELA 15 - Valores de ferro e ferritina durante a prova de triathlon olímpico em média e erro padrão.

	Pré prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
Ferro (mg/dL)	120,3 (7,1) ^a	132,1 (8,4) ^{bc}	138,2 (9,0) ^b	143,8 (10,6) ^b	130,5 (9,2) ^{ac}
Ferritina (nanog/mL)	99,1 (19,6) ^a	110,2 (21,6) ^b	123,3 (27,4) ^b	115,3 (21,3) ^b	111,0 (22) ^b

* diferença significativa entre letras diferentes (p≤0,05)

Os valores da concentração de ferro diferenciaram-se dos valores de pré prova e mantiveram-se constantes a cada modalidade. No entanto, houve uma tendência crescente de liberação de ferro, mostrando que apesar do esforço intenso a síntese de

ferro continuou sendo realizada normalmente, impedindo uma possível anemia durante a competição.

De acordo com Buchman et al. (1998), há uma tendência de diminuição dos valores de ferro sérico após provas de triathlon e exercícios de resistência, fato que se explica por uma redistribuição de ferro para o sistema reticuloendotelial como resposta da fase aguda do exercício. Entretanto, em seu estudo, que reportou algumas alterações minerais e metais após uma maratona, os resultados na concentração de ferro aumentaram após a prova, indo contra os estudos utilizados em sua revisão. As concentrações de ferro sérico passaram de $106 \pm 4,8$ mg/dL do repouso para $135 \pm 4,2$ mg/dL ao final da maratona. Sua explicação, sem outras referências teóricas, seria que o ferro tende a ser liberado das células quando os tecidos estão lesionados, assim o acúmulo de ferro extracelular poderia liberar radicais livres dos tecidos danificados para a conversão de O_2 e H_2O_2 em OH^- .

O mesmo aconteceu com os valores de ferritina, que aumentaram seus valores a partir do repouso e assim permaneceram até o final da prova e na recuperação, indicando a não depleção das reservas de ferro do organismo. Em uma análise bioquímica após uma ultramaratona de 24 horas, os valores de ferritina elevaram-se significativamente (WU et al., 2004).

Estabilidade e/ou leve diminuição nas concentrações de ferro e ferritina podem ser utilizadas como marcadoras profiláticas à anemia, fator que não foi observado na amostra estudada.

Os valores de ferro e ferritina encontrados neste estudo mostraram-se normais em relação aos referenciais laboratoriais, fato que discorda um pouco com a literatura (WU et al., 2004, VIRU & VIRU, 2001:120, McARDLE et al., 1999: 68, EICHNER, 1996).

De acordo com Eichner (1996), os valores de ferritina plasmática em fundistas são geralmente inferiores aos da população em geral (20 30- nanog/mL). Isso é devido a hemodiluição, a transferência de ferro armazenado para o interior dos músculos maiores e, possivelmente, por um número maior de hemácias.

Neste estudo, as concentrações de hemácias também mantiveram-se estáveis, influenciando diretamente nas alterações de hemoglobina e concentração de ferro e ferritina (altamente correlacionadas com a quantidade de hemácia, como visto anteriormente na tabela 12)

Os valores altos e estáveis de hemoglobina, ferro e ferritina respaldam e afastam a amostra estudada de vir a desenvolver uma anemia verdadeira, geralmente causada por deficiência de ferro ou por hemólise por impacto, o que poderia prejudicar o desempenho do atleta.

O sistema imunológico é extremamente sensível ao stress psicológico e/ou fisiológico. Conseqüentemente, variáveis imunológicas podem ser usadas como um parâmetro de stress em relação ao treinamento. Vários aspectos da função imune podem ser afetados tanto pelo exercício agudo quanto crônico, e ainda por lesões teciduais ou infecções (GLEESON, 2002).

Exercícios de alta intensidade causam danificação tecidual, produção de hormônios de estresse, e alterações na quantidade circulante e funcional de várias células imunológicas. Muitos estressores físicos-clínicos como cirurgias, traumas e queimaduras induzem uma resposta hormonal e imunológica semelhante ao exercício. Alterações específicas têm sido observadas após o exercício extenuante como: resposta e mobilização de leucócitos, liberação de mediadores inflamatórios e produção de radicais livres (NATALE et al., 2003).

Alterações drásticas na função imunológica ocorrem após uma simples sessão de exercício prolongado e extenuante. Isso pode ser visto através da maior alteração plasmática ocorrida durante uma prova de triathlon olímpico: grandes elevações, supra limiares, da concentração de leucócitos sanguíneos. Na tabela 16 são mostradas as alterações dos valores dessa variável.

TABELA 16 - Valores de leucócitos durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão

	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
Leu (mL)	7608,3 (532,9) ^a	11633,3 (1025,0) ^b	14575 (1360,5) ^c	20941,7 (1866,0) ^d	18383,3 (948,7) ^d

* diferença significativa entre letras diferentes (p≤0,05)

Os parâmetros de contagem de leucócitos tiveram aumentos significativos após a natação, tornando-se crescente até o final da prova, onde atinge um pico duas vezes maior que o valor máximo de limite referencial (valor máximo de referência de 10.000 leucócitos por mL).

Um recente estudo feito por Reid et al. (2004) que acompanhou algumas alterações bioquímicas e hematológicas após uma maratona, mostrou que 98% dos corredores tinham suas concentrações de leucócitos com valores altíssimos, com média (ep) de 19260 (445) de leucócitos/ml. Essa alta contagem de células brancas após o exercício foi explicada pelo processo conhecido como neutrofilia, isto é, um aumento no número de células maduras, tanto quanto imaturas, provenientes da medula espinhal, devido a uma mobilização de células que estavam em seu estado inativo.

A leucocitose é o resultado do aumento do tráfego de células (mobilização) da medula espinhal para o sangue, que são liberadas das paredes sanguíneas de veias e diminuem sua saída para os tecidos. Ainda não se sabe ao certo como essa liberação é feita da medula espinhal. Então, sugere-se que sejam os mesmo fatores de controle de recrutamento de células para os tecidos inflamados (RISOY et al., 2003).

Outra explicação dada por Maughan & Shirreffs (1994) seria que os exercícios estimulariam uma função fagocítica dos neutrófilos sanguíneos e macrófagos periféricos.

Um número crescente de estudos publicados sobre imunologia e exercício traz evidências que o sistema imune é profundamente afetado pelo exercício agudo (NATALE et al, 2003; ASLAN et al., 1998) e/ou exercício de endurance intenso (REID et al, 2004, WU et al., 2004, RISOY et al, 2003; RHODE et al, 1996, LONG et al, 1990).

Natale et al (2003), investigaram três tipos diferentes de exercícios (5 minutos de cicloergômetro a 90-95% do $\text{VO}_2\text{máx}$, exercícios contra resistência e 2 horas de cicloergômetro em uma intensidade equivalente a 60-65% do $\text{VO}_2\text{máx}$) e suas influências sobre o sistema imunológico. Observaram que em todos os tipos de exercício houve um aumento na concentração de leucócitos, sendo que no exercício mais prolongado de endurance os valores foram os mais altos (13200 ± 1710), e ultrapassaram as referências limítrofes.

Ainda, reportado por Viru & Viru (2001: 120), Risoy et al. (2003), Maughan & Shirreffs (1994: 388); exercícios de endurance de alta intensidade estão associados com um elevado aumento na contagem de leucócitos circulantes. Imediatamente após o exercício, os leucócitos totais tendem a aumentar de 50 a 100%, assim como os neutrófilos e linfócitos.

Um estudo de Long et al. (1990), que teve o objetivo de investigar as alterações bioquímicas e hematológicas que ocorriam em triatletas após cada modalidade de uma prova de short sprint triathlon (750 m de natação, 20 km de ciclismo e 5 km de corrida), mostrou-se que durante o tempo da prova, a contagem de células brancas sanguíneas aumentou significativamente ($P < 0,001$). No entanto, eles não constataram nenhuma outra alteração hematológica, fato este, que difere deste estudo. Isso reflete a importância não somente da intensidade, como também da duração do exercício para ocorrerem alterações em biomarcadores hematológicos.

Em uma prova de triathlon com distâncias superiores a um triathlon olímpico, demonstrou-se uma elevação dos valores das concentrações de leucócitos logo após o ciclismo, a corrida e até 2hs após a prova (RHODE et al. 1996). O mesmo estado de leucocitose aconteceu após uma corrida de 60 a 90 minutos, tanto em atletas quanto no grupo controle de sedentários (RISOY et al., 2003).

No entanto, essa leucocitose se mostra transitória, voltando aos valores de repouso após aproximadamente 24 horas (REID et al., 2004; MAUGHAN & SHIRREFFS, 1994). Acredita-se que essas alterações na contagem de leucócitos sanguíneos sejam extremamente dependentes das mudanças induzidas pelo exercício

sobre as concentrações hormonais de cortisol, GH e adrenalina, que são conhecidos por terem efeitos imunomodulatórios e aumentam consideravelmente quando a intensidade do exercício atinge mais de 60% do VO₂máx (KHANSARI, et al, 1990).

Mais pesquisas são necessárias para determinar se o grande aumento, mas transitório, da concentração de leucócitos no sangue são importantes em um ponto de vista clínico e fisiológico, na intenção de dar maior suporte para tais descobertas.

4.2.4 – PERFIL LIPÍDICO.

As respostas do perfil lipídico devem-se a alta atividade do metabolismo de lipídios durante uma prova de triathlon com distâncias olímpicas. A composição do perfil lipídico a partir das concentrações de triglicerídeos, colesterol e suas frações HDL, LDL e VLDL foram escolhidas por terem seus valores alterados durante e após exercícios físicos (WU et al, 2004, MITTENDORFER et al, 2002, YU et al, 1999, LONG et al, 1990).

Na tabela 17, estão mostrados todos os valores do perfil lipídico antes, durante e após uma prova de triathlon com distância olímpica.

TABELA 17– Perfil lipídico durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão

	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
Triglicerídeos (mg/dL)	110,2(11,7) ^{ad}	121,5(15,3) ^{ac}	117,5(11,0) ^{ac}	138,5 (13) ^{bc}	102,5 (10) ^d
Colesterol (mg/dL)	180,8(18,1) ^a	196,8 (14,3) ^b	193 (16,6) ^b	193,8(14,9) ^b	177,2 (43,2) ^a
HDL –col (mg/dL)	57,8 (4,4) ^{ae}	62,3 (4,7) ^b	60,4 (4,6) ^{cd}	61,7 (5,9) ^{abd}	56,3 (4,2) ^e
LDL – col (mg/dL)	100,9 (10,6) ^a	110,2 (11,8) ^b	109,1 (14,2) ^b	102,8 (12,1) ^a	100,3 (10,5) ^a
VLDL – col (mg/dL)	22,0 (2,3) ^{ac}	24,3 (3,1) ^{ac}	24,4 (2,0) ^a	28,9 (2,0) ^b	21,0 (2,0) ^c

* diferença significativa entre letras diferentes (p≤0,05)

As concentrações de triglicerídeos diferenciaram-se dos valores de pré prova somente ao final da prova, quando terminada a corrida. Percebe-se uma elevação desses valores ao final da prova, o que se diferencia do citado por alguns autores, que afirmam uma queda de triglicérides ao final do esforço oxidativo (WU et al, 2004, YU et al, 1999). No entanto, os benefícios a curto prazo da diminuição triglicérica podem ser notados após 1 hora do término da prova, quando há uma queda de 35% na concentração de triglicerídeos.

Acredita-se que durante o exercício prolongado e extenuante, os músculos esqueléticos e cardíaco, por terem uma certa quantidade endógena de triglicerídeos, utilizam tais reservas como fonte energética. Estima-se que aproximadamente 50% da gordura oxidada durante tais esforços sejam provenientes das reservas intramusculares de triglicerídeos (MITTENDORFER et al, 2002, MAUGHAN & SHIRREFFS, 1994: 105).

Há também um aumento da lipólise do tecido adiposo durante o exercício, que é mediado primeiramente por um aumento da estimulação dos receptores β -adrenérgicos, que liberam os ácidos graxos na circulação sistêmica, para a oxidação nas mitocôndrias periféricas dos músculos esqueléticos (MITTENDORFER et al, 2002).

Os triglicerídeos plasmáticos e musculares são consumidos igualmente durante o primeiro estágio do exercício de endurance, e subseqüentemente os ácidos graxos vão se tornando as principais fontes energéticas ao final da prova, por isso os valores mais baixos de triglicerídeos e LDL colesterol ao término da competição (WU et al., 2004).

Um estudo de Long et al (1990), que analisou as alterações bioquímicas e hematológicas que ocorriam em triatletas após cada modalidade de uma prova de short sprint triathlon (750 m de natação, 20 km de ciclismo e 5 km de corrida), não encontrou alterações de triglicerídeos durante a prova, refletindo a importância não somente da intensidade, como também da duração do exercício nas alterações dos biomarcadores lipídicos.

Neste estudo, os valores totais de colesterol se alteraram significativamente do repouso, mantendo-se estável durante as 3 modalidades desempenhadas, e

recuperando-se completamente após uma hora de prova. No entanto, após 1 hora de recuperação, houve uma redução de 9,4% nos valores de colesterol total do final da corrida, indicando uma tendência de decréscimo dessa variável.

As frações do colesterol também tiveram alterações durante a prova de triathlon com distância olímpica. As lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e muito baixa densidade (VLDL) tiveram aumentos com o decorrer da prova, diferenciando-se ao final da natação, ao término dos 40 quilômetros de ciclismo e ainda, as VLDLs, ao final da corrida. Todos os valores lipoprotéicos retornaram aos valores de repouso após 1 hora de recuperação, sendo que houve uma maior queda de 37,6% em apenas uma hora de cessado o esforço nas concentrações de VLDL, indicando que apesar do aumento após a prova, essa mudança é transitória, o que afasta a possibilidade de risco das altas concentrações de VLDL como: a aterosclerose e problemas cardiovasculares (OHLSEN & ROGERS, 2004).

Após um treinamento aeróbico extenuante ou um exercício aeróbico de alta intensidade, a atividade da enzima LPL (lipoproteína lipase) aumenta, elevando-se, assim, a produção de LDL e o catabolismo do VLDL, que produzirá remanescentes ou subprodutos (YU et al., 1999).

As lipoproteínas de alta densidade (HDL), que geralmente são as mais suscetíveis a alterações em relação ao esforço, tiveram suas concentrações aumentadas logo após a natação e ao ciclismo, retornando aos valores iniciais ao término do triathlon.

A HDL mostrou-se bem mais elevada ao final da prova de maratona (WU et al., 2004). Yu et al. (1999), caracterizou a mudança lipoprotéica antes e após o Campeonato Mundial de Triathlon do Havaí em 28 atletas, e encontrou algumas alterações significativas, como o aumento dos níveis de HDL-col

4.2.5 – PERFIL GLICÊMICO

Durante provas esportivas de maior duração e intensidades superiores a 65% do VO_2 máx, a participação do sistema lipolítico cai, devido à predominância dos sistemas enzimáticos glicolíticos em todas as células musculares esqueléticas (POIAN et al., 2002; 294).

A concentração de glicose sanguínea é determinada pelo equilíbrio entre a taxa de produção de glicose no fígado e a taxa de utilização da glicose por outros tecidos (MAUGHAN & SHIRREFFS, 1994: 3).

Na tabela 18 são mostrados os valores de glicose sanguínea durante a prova, e nos momentos de repouso e recuperação.

TABELA 18 - Valores de glicose durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão

	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
Glic (mg/dL)	92,2 (8,1)	108,1 (9,4)	100,5 (10,3)	95,0 (7,0)	105,9 (6,0)

Não houve alterações significativas no perfil glicêmico dos triatletas durante a prova olímpica realizada nesse estudo. Após uma elevação da glicose em relação à medida prévia, houve uma tendência de diminuição dos valores de glicose após cada modalidade, essa mudanças não ocorreram de forma significativa, e ficaram bem distantes de qualquer suspeita de hipoglicemia (glicose<60mg/dL), mesmo não havendo ingestão de nenhum tipo de alimento carboidratado durante a prova.

Documenta-se que os aumentos no glucagon e nas catecolaminas, e a diminuição dos níveis de insulina são responsáveis pela proteção do organismo contra o desenvolvimento da hipoglicemia durante o exercício prolongado. Assim como há também evidências que sugestionam que a resposta neural dos músculos ativos tem um papel importante de aumentar a produção de glicose durante o exercício (MAUGHAN & SHIRREFFS, 1994: 4).

Em estudo de VIRU (1995), a dinâmica da glicose sanguínea durante 2 horas de exercício a 60% $\text{VO}_2\text{máx}$ em indivíduos treinados em endurance, houve uma leve queda dos valores iniciais nos primeiros 10 min de exercício, elevando-se e mantendo-se estável a partir dos 30 min até o final do teste.

Apesar do tempo de teste ser equivalente ao tempo da prova de triathlon realizada, a intensidade se diferenciou, e a tendência da curva de glicose aparenta cair após as 2 horas de esforço intensivo. No entanto, a concentração constante de glicose no sangue vista neste estudo, mostra que nessa prova não houve limitação do esforço por queda bruscas na glicemia, ou seja, hipoglicemia.

A determinação da glicose sanguínea é essencial para a elaboração de um regime efetivo de suplementação de carboidrato durante competições. No entanto, esse regime é efetivo se considerar, além da reposição das reservas de carboidrato, também os efeitos desta na regulação glicostática (VIRU & VIRU, 2001: 54).

4.2.6 – PERFIL HÍDRICO E MINERAL

Os eletrólitos modulam a permuta dos líquidos dentro dos compartimentos hídricos do corpo, promovendo uma troca constante e bem regulada de nutrientes e produtos de desgaste entre a célula e seu meio ambiente líquido externo (McARDLE et al, 1999: 71).

Na tabela 19 estão mostrados os valores das concentrações de cálcio, potássio e sódio, antes do início do triathlon, após cada modalidade e depois de 1 hora de recuperação.

TABELA 19 - Eletrólitos durante a prova de triathlon olímpico. Valores expressos em média e erro padrão.

	Pré prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
Cálcio (mg/dL)	9,4 (0,2) ^a	9,7 (0,1) ^{ab}	10,0 (0,2) ^b	9,5 (0,2) ^{ab}	9,5 (0,1) ^a
Potássio (mEq/L)	3,5 (0,1) ^a	3,7 (0,2) ^a	4,5 (0,1) ^b	4,2 (0,2) ^b	4,1 (0,1) ^c
Sódio (mEq/L)	133,7 (0,9) ^{ac}	137,1 (0,6) ^b	137,5 (0,6) ^b	137,6 (1,5) ^{ab}	134,3 (0,5) ^c

* diferença significativa entre letras diferentes (p≤0,05)

As concentrações de cálcio plasmático tiveram uma leve alteração significativa (p<0,05) em relação ao repouso, após o ciclismo. No entanto, voltou aos seus valores basais ao final da prova e assim permaneceu após a recuperação.

Um estudo de Meludu et al. (2002), refere-se à regulação de cálcio como um fator de controle homeostático, com pouca alteração em relação aos valores limites. Após um exercício de 3 minutos em cicloergômetro com a maior carga possível para sustentar uma cadência de 90 rpms, eles não conseguiram identificar alterações significativas na concentração sérica deste mineral. No entanto, nas concentrações de potássio já houve uma diferença significativa após os 3 minutos de trabalho anaeróbico, alterando-se de 4,0±0,4 para 5,3±0,3 mEq/L.

Long et al (1990), que investigou as alterações bioquímicas e hematológicas que ocorriam em triatletas após cada modalidade em relação ao início de uma prova de short sprint triathlon (750 m de natação, 20 km de ciclismo e 5 km de corrida) não mostrou alterações nas concentrações de cálcio e potássio, somente nas concentrações eletrolíticas de sódio.

A função mais importante dos íons Na⁺ e K⁺ residem em seu papel no estabelecimento do gradiente apropriado através das membranas celulares. A diferença no equilíbrio elétrico entre o interior e exterior da célula facilita a transmissão dos impulsos nervosos, a estimulação e a contração dos músculos e o funcionamento apropriado das membranas plasmáticas; assim como também regula as qualidades

ácidas e básicas dos líquidos corporais, particularmente o sangue (McARDLE et al, 1999: 71).

Um estudo de Reid et al. (2004), avaliou os níveis de eletrólitos: potássio e sódio após uma maratona. Somente os valores após a prova foram mostrados sendo de: 4,6 (0,5) mEq/L, e 144,5 (2,36) mEq/L, respectivamente. Os valores de potássio estão bem próximos aos encontrados ao final dessa prova, 4,2 (0,2) mEq/L; já as concentrações de sódio apresentam-se inferiores, 137,6 (1,5) mEq/L. Acredita-se que a ingestão somente de água nesta pesquisa possa ter influenciado a queda eletrolítica de Na^+ .

A popular recomendação de ingerir fluídos (geralmente água) durante e após uma atividade física pode, às vezes, produzir efeitos adversos. Quando grandes quantidades de água (acima de 2 a 3 litros) são usadas como fluídos de reposição, o risco para hemodiluição de alguns eletrólitos se torna possível (WARBURTON et al., 2002; WITTBRODT, 2003).

Em relação às concentrações de potássio plasmático, nota-se que os valores, apesar de estarem dentro dos referenciais padrões, alteram-se mais notoriamente após o ciclismo, onde foi avaliada a maior intensidade de esforço da prova.

De acordo com Warburton et al. (2002), o potássio (K^+) é liberado das células musculares em relação direta a intensidade do exercício. Viru & Viru (2001: 134), além de confirmar esta relação entre intensidade e liberação de potássio, ainda sugere que tal aumento seria considerado um fenômeno de fadiga.

Muitos fatores influenciam o aumento no nível de K^+ extracelular durante o exercício, mas além da função da bomba Na^+/K^+ ATPase, os mecanismos de fadiga estariam relacionados à liberação do K^+ que fica armazenado junto com o glicogênio. Quando este segundo é recrutado para formar energia, o potássio acaba sendo liberado em uma proporção direta. Bergstrom et al (1973) *apud* Viru & Viru (2001: 135), calcula que aproximadamente 18 mg de K^+ é acumulado por cada grama de glicogênio armazenado.

Durante períodos de esforço acima de 60 minutos ou em condições de calor (acima de 25° - 30°), ou alta umidade relativa do ar, uma perda de água e sódio (potássio em menor extensão) no suor pode colocar o atleta em risco de hipovolemia, desidratação e desequilíbrio das concentrações de sódio e potássio séricos, sendo essencial à reposição de eletrólitos, após 60 minutos, em esportes de endurance como maratonas e triatlons (WITTBRODT, 2003).

No entanto, apesar de bem variável o tempo (alternância de calor e chuva), a temperatura do dia da prova, de acordo com os registros do SIMEPAR, teve mínima de 18,2 °C e máxima de 25°C, e 77,1% de umidade relativa do ar.

Apesar da não ingestão de substâncias eletrolíticas durante a prova, a concentração de sódio plasmático manteve-se praticamente inalterada durante a prova. No entanto, os valores de repouso e recuperação se mostram abaixo dos valores de limiar (135 mEq/L), podendo considerar um estado generalizado de hiponatremia assintomática desses atletas.

Speedy et al. (1999) e Wittbrodt (2003) ressaltam que a hiponatremia é uma alteração bioquímica comum encontrada em triatletas de endurance ou ultraendurance, mas geralmente é assintomática.

Os mecanismos que induzem o estado hiponatrêmico após exercícios podem ser: a perda de cloreto de sódio pelo suor associado com o sistema de desidratação (WARBURTON et al., 2002), ou pelo excesso de ingestão de água durante uma prova aliada a perda de Na⁺ no suor (WITTBRODT, 2003).

No estudo de Kratz et al. (2005), apenas 9 atletas dos 140 atletas que participaram do estudo, e concluíram a maratona de Boston de 2003, apresentaram valores de sódio plasmático abaixo das referências laboratoriais (Na⁺ < 135mEq), representando 6% da amostra. Em um estudo do ano anterior, na maratona de Boston de 2000 e 2001, esse valor foi ainda menor, tendo apenas um atleta hiponatrêmico ao final da corrida. Essa baixa incidência de hiponatremia deve-se a escolha da amostra

dos 84 corredores mais rápidos; visto que a tendência a colapsos se torna mais elevada quanto maior o tempo de exercício e maior exposição à temperatura ambiente.

4.2.7 – PESO CORPORAL E INGESTAO HÍDRICA

O peso foi um parâmetro bem variável durante a prova simulada. Percebe-se claramente a redução do peso com o passar das modalidades, efeito da desidratação, do elevado dispêndio energético da atividade e a ausência completa de suplementação calórica. As alterações de peso durante a prova são mostradas na tabela 20.

TABELA 20 – Peso corporal durante a prova. Valores expressos em média e erro padrão.

	Pré Prova	Após natação	Após ciclismo	Após corrida	1h após
Peso (kg)	73,88 (2,16) ^a	73,51 (2,2) ^b	72,55 (2,14) ^{ce}	72,05 (2,16) ^d	72,88 (2,06) ^e

* diferença significativa entre letras diferentes ($p \leq 0,05$)

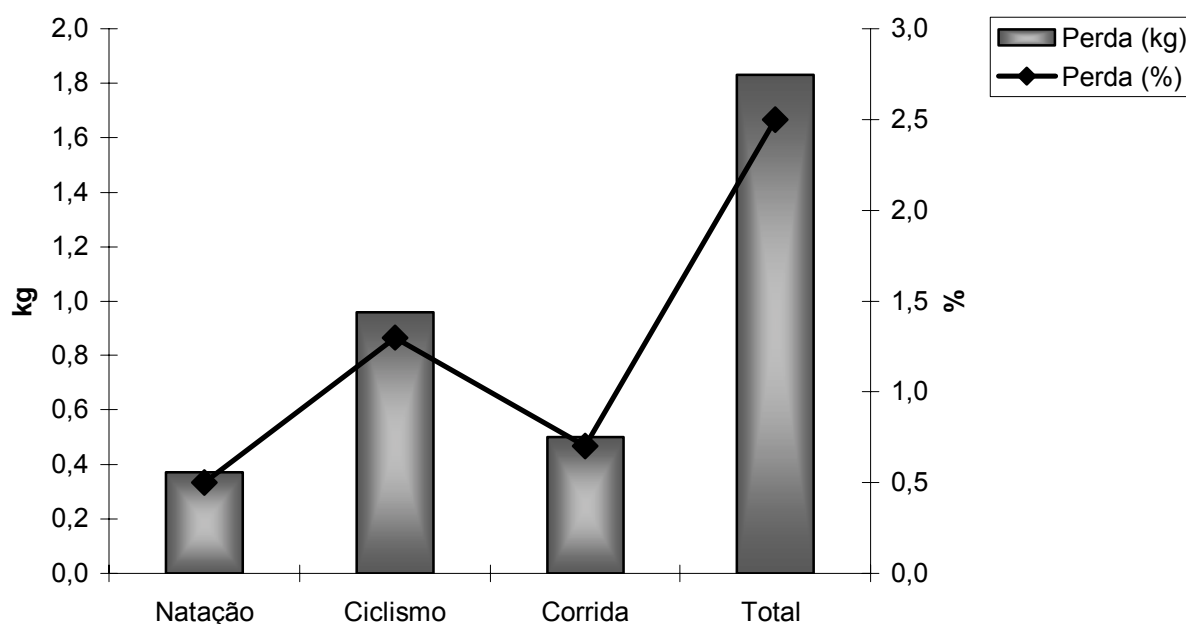
Pode-se notar que as diferenças significativas da perda de peso iniciaram-se após a natação ($p < 0,05$). Os valores absolutos entre o ciclismo e a corrida também se diferenciaram, apresentando um padrão crescente na perda de peso com o desenvolver da prova. Mesmo após a recuperação, com liberação total da alimentação e hidratação, os valores de peso corporal não voltaram aos valores pré-competitivos.

Um estudo de Long et al (1990), teve o mesmo objetivo deste estudo, o de investigar as alterações bioquímicas e hematológicas que ocorriam em triatletas após cada modalidade em relação ao início de uma prova de short sprint triathlon (750m de natação, 20 km de ciclismo e 5 km de corrida). Apesar das distâncias reduzidas, os autores também puderam observar uma queda significativa ($P < 0,003$) na média (desvio padrão) do peso corporal de 71,7 (7,9) kg para 70,3 (7,6) kg.

A monitoração das alterações no peso corporal proporciona um método conveniente para determinar a perda de líquidos durante o exercício e/ou stress térmico. De acordo com McArdle et al. (1999: 78), cada 0,45kg de perda de peso corresponde a 450 ml de desidratação.

Um artigo de Maughan & Shirrefs (2004), mostra que durante uma maratona, em um ambiente entre 6 a 24°C, há uma desidratação dos atletas de 540 a 1520 ml/h, ou uma redução do peso entre 500 a 1500 gramas.

GRÁFICO 2 – Perda de peso nas modalidades em relação ao peso corporal imediatamente antes do início da prova. Valores expressos em média e erro padrão



O ciclismo por ser a modalidade de maior duração (média de 1h27min28s) propiciou um maior dispêndio de esforço e desidratação, e, portanto maiores reduções no peso corporal (1,3%); seguido pela corrida (0,7%) e pela natação (0,5%). A perda total de peso bruto foi equivalente a 1,83kg, ou 2,5% do peso corporal inicial do atleta.

Em um estudo (COUTTS et al, 2000) que teve como objetivo verificar o nível de hidratação, perda de peso e suor em 10 triatletas australianos em uma prova de triathlon olímpico, verificou-se uma redução do início ao final da prova de 3,8%, do peso corporal, sendo a fase de ciclismo a que teve maior redução do percentual (2%), e a natação que teve menor decréscimo do peso, somente de 1%.

Uma desidratação moderada, ou perda de 1 a 2% do peso corporal durante o exercício, apesar de ser considerada normal, já prejudica o desempenho final de um atleta, de acordo com a USA Track & Field (USATF) advisory (CASA, 2003). De fato, muitos maratonistas estão moderadamente desidratados no final de uma corrida. No entanto, quanto mais severa a desidratação, maior a possibilidade de alteração nas funções cardiovasculares, na capacidade termoregulatória e nas funções musculares, assim como colapsos térmicos (MUTH, 2005).

Triatlons mais longos como Ironman (3800 m de natação, 180 km de ciclismo e 42 km de corrida), geralmente mostram quedas de 3 a 4% do peso corporal pelo gasto energético extremo associado ao estresse térmico, o que significaria uma diminuição de aproximadamente 2 kg após uma prova de longa duração (SPEEDY et al., 1997, 2001).

TABELA 21 – Ingestão hídrica durante as modalidades. Valores expressos em média e erro padrão.

	Natação	Ciclismo	Corrida	Total
Água (ml)	0,0 *	659,6 (135,1)	538,8 (146,5)	1194,4 (140,8)

* não era permitida a ingestão de água durante a natação.

Em um estudo sobre os efeitos da perda de fluídos durante um triathlon Olímpico (COUTTS et al., 2000), verificou-se que apesar da liberação da ingestão de fluídos *ad libitum* durante a prova, a média ingerida no ciclismo foi de 899 ml e 651 ml na corrida. Esses valores devem ter se diferenciado dos valores encontrados nessa pesquisa devido à origem dos fluídos (COUTTS et al. utilizaram isotônicos como fluído de reposição) e/ou tempo de duração da prova (a média de duração de prova nesta pesquisa foi de 2h12min30s contra 2h20min47s).

De acordo com Mack & Bergeron (1996), as conseqüências da desidratação no desempenho físico são a diminuição do volume sanguíneo (hipovolemia) e o aumento da concentração de eletrólitos nos fluídos corporais (hipertonicidade). Ambas condições podem impedir a capacidade de dissipar o calor gerado pelo exercício.

Um planejamento tático que ajude os atletas a beber os fluídos adequados nos momentos certos, oferece a estratégia para obter um desempenho mais intenso associado à determinação de vencer dos atletas.

5.0 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O propósito desta pesquisa foi o de utilizar o controle metabólico e bioquímico de uma atividade esportiva, para dar um suporte mais adequado na monitoração do treinamento de atletas de triathlon.

A necessidade de reconhecer como os parâmetros fisiológicos e bioquímicos podem dar informações úteis sobre alterações do corpo, e delimitar uma margem segura entre um limiar de treinamento efetivo e o início de um overtraining foi a base estrutural desse estudo.

A amostra estudada simulou um triathlon com distâncias olímpicas, e permitiu coletas de sangue da polpa digital e de sangue intravenoso antes da prova, no final de cada modalidade – natação, ciclismo e corrida - e após 1 hora de recuperação.

As análises de sangue capilarizado mostraram que as concentrações de lactato sanguíneo foram mais elevadas durante o ciclismo (6,98 mmol), seguido pela natação (5,75 mmol) e corrida (4,47mmol). Todos os valores de lactato durante a prova se diferenciaram dos valores de repouso e de recuperação ($p < 0,05$). Apesar do triathlon ser uma prova de predominância aeróbica, pode-se perceber que o metabolismo glicolítico está bastante presente dentro de todas as modalidades, ainda mais quando este sistema é requerido em provas em ambiente aberto, suscetíveis as alterações de temperatura.

Aconteceram alterações significativas em diversos biomarcadores (19 no total), exceto nas concentrações de glicose sanguínea e nas concentrações da enzima muscular lactato desidrogenase (LDH).

Houve elevação de diversos marcadores durante a prova como: CK, creatinina, ácido úrico e uréia, que identificam uma intensa proteólise durante um esforço de alta intensidade, marcada por uma média total entre as modalidades acima de 85% da frequência cardíaca máxima.

Alterações também ocorreram no perfil hematológico como: a manutenção nos valores de hematócrito, hemoglobina e na quantidade de hemácias, apesar do intenso esforço da prova; e aumentos significativos ao final da prova nas quantidades de ferro e ferritina. A maior elevação de todos os biomarcadores se deu na concentração de leucócitos, que teve aumentos significativos após a natação, tornando-se crescente até o final da prova, onde atingiu um pico duas vezes maior que o valor máximo de limite referencial (valor máximo de referência de 10.000 leucócitos por ml). Essa leucocitose transitória induzida pelo exercício intenso é uma variável interessante de ter analisada suas conseqüências na performance final de um triathlon.

Já o perfil lipídico teve discretos aumentos significativos na concentração de triglicerídeos, colesterol total e frações, indicando um alto metabolismo lipolítico. No entanto, tais valores aumentados retornaram aos valores de repouso após 1 hora de recuperação, sendo que houve uma maior queda de 37,6% em apenas uma hora de cessado o esforço nas concentrações de VLDL, indicando que apesar do aumento após a prova, essa mudança é transitória, afastando o risco das altas concentrações das frações de baixas densidades de colesterol como: a aterosclerose e problemas cardiovasculares.

As concentrações de eletrólitos sofreram algumas mudanças como: as concentrações de cálcio plasmático tiveram uma leve alteração significativa após o ciclismo ($p < 0,05$) em relação ao repouso, e voltaram aos seus valores basais ao final da prova e assim permaneceram após a recuperação; os valores de potássio, apesar de estarem dentro dos referenciais padrões, alteram-se mais notoriamente após o ciclismo, onde foi avaliada a maior intensidade de esforço da prova; e as concentrações de sódio, apesar da não ingestão de substâncias eletrolíticas durante a prova, se mantiveram praticamente inalterada durante a prova. No entanto, os valores de repouso e recuperação se mostraram abaixo dos valores de limiar (135 mEq/L), podendo se considerar um estado generalizado de hiponatremia assintomática desses atletas.

A monitoração das alterações no peso corporal proporciona um método conveniente para determinar a perda de líquidos durante o exercício e/ou stress

térmico. O peso foi um parâmetro que caiu bastante durante a prova simulada, tendo uma redução final média de 1,83 kg, ou de 2,5% ao final da prova, efeito da desidratação, do elevado dispêndio energético da atividade e a ausência completa de suplementação calórica.

Acredita-se que o controle metabólico é uma ferramenta adequada para ajustar as necessidades do atleta às demandas da atividade. Tais alterações fornecem subsídios referenciais em relação ao comportamento bioquímico durante e pós prova, possibilitando atender a individualidade de cada atleta; e auxiliar na elaboração de treinamentos mais específicos, maximizando o desempenho individual na natação, ciclismo e corrida.

Sugere-se que novos estudos utilizem os dados aqui coletados, para dar suporte em possíveis pesquisas com diferentes suplementações, treinamentos distintos e em triatlons com variadas distâncias.

6.0 – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSM's Guidelines for exercising Testing and Prescription. American College of Sports Medicine, 7th Ed. 2006

ASLAN, R. et al. Effect of acute and regular exercise on antioxidative enzymes, tissue damage markers and membran lipid peroxidation of erythrocytes in sedentary students. **Tr J. of Medical Sciences.** Vol 28, p. 411-414. 1998

BAKER, J.S. et al. Metabolic implications of resistive force selection for oxidative stress and markers of muscle damage during 30s of high-intensity exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* Vol 92, p. 321-327. 2004

BISHOP, N.C. et al. Effects of carbohydrate supplementation on the blood neutrophil degranulation responses to prolonged cycling. **International Journal of Sports Medicine.** Vol.21, (Supl 1), S73. 2000.

BIOCLIN – Quibasa Química Básica Ltda. 2004.

BIOSYSTEMS S.A. reagents & instruments. Barcelona, Espanha.

BROWN,B. **Hematology : Principles and Procedures.** Philadelphia: Lea e Fibiger. 1993.

BUCHMAN, A.L. et al . The effect of a Marathon run on plasma and urine mineral and metal concentrations. **Journal of the American College of nutrition.** Vol. 17 (2), p.124-127. 1998

CASA,D.J. Proper hydration for distance running – Identifying individual fluid needs: **A USA Track & Field advisory.** www.usatf.org . 2003

CLEAVE P. et al. Plasma Cardiac Troponin Concentrations after Extreme Exercise. **Clinical Chemistry.** Vol.47: pp. 608-610, 2001.

COUTTS, A.J et al. The effect of fluid loss on Olympic distance triathlon performance in high thermoregulatory stress. **Triathlon Research Initiative**, School of Health and Human Performance, Central Queensland University, Rockhampton, Qld. Australia, 4702. pp 107-115. 2000.

DEVRIES, H.A. Physiology of exercise for physical education and athletics. 2^a.ed. Dubuque, Iowa: C. Brown. 1974.

EBRAM produtos laboratoriais. **Manual de análises bioquímicas.** 2004.

EICHNER, E.R. "Anemia do Esportista": Terminologia inadequada para um fenômeno real. **Sports Science Exchange. Gatorade Sports Science Institute**. Nutrição no esporte, nº8. Traduzido e adaptado do original em inglês: Vol. 1(6). 1996

ESCANERO, J.F. et al. Iron stores in professional athletes throughout the sports season. **Physiology & Behavior**. Vol.62, n.4, pp. 811-814. 1997.

GALY, O. et al. Effects of the order of running and cycling of similar intensity and duration on pulmonary diffusing capacity in triathletes. **Eur. J. Appl. Physiol**. Vol 90, p. 489-495. 2003

GINSBURG G.S. et al. Effects of a single bout of ultraendurance exercise on lipid levels and susceptibility of lipids to peroxidation in triathletes. **JAMA**; Vol. 276: p.221-225. 1996.

GLACE, B.W., MURPHY, C.A., McHUGH, M.P. Food intake and electrolyte states of ultramarathoners competing in extreme heat. *Journal of American College of Nutrition*. Vol 21 (6), pp. 553-559. 2002

GLEESON, M. Biochemical and immunological markers of overtraining. **Journal of Sports Science and Medicine**. Vol 1, p.31-41. 2002.

GRANDJEAN, P.W.; CROUSE, S.F.; ROHACK, J.J. Influence of cholesterol status on blood lipid and lipoprotein enzyme responses to aerobic exercise. **Journal of applied physiology**. Vol 89; p. 472-480. 2000.

HALSON, S.L. et al. Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. **J. Appl. Physiol**. Vol 93: pp., 947-956. 2002.

HARTMANN, U., MESTER, J. Training and OT markers in selected sport events. **Med. Sci. Sports. Exerc**. Vol 32(1), p. 209-15. 2000

HAUSER, B. **International Waldenström's Macroglobulinemia Foundation**. 2001.

KHANSARI, D.N., MURGO, A.J.; FAITH, R.E. Effects of stress on the immune system. **Immunology Today**. Vol.11, 170-175. 1990.

KONIG D. et al. A. Zinc, iron, and magnesium status in athletes--influence on the regulation of exercise-induced stress and immune function. **Exerc Immunol Rev**. Vol.4: pp.2-21, 1998.

KRATZ, A. et al. Sodium status of marathon runners. **Arch. Pathol. Lab. Med**. Vol 129, p. 227-230. 2005

LAMON-FAVA S. et al. Acute changes in lipid, lipoprotein, apolipoprotein, and low-density lipoprotein particle size after an endurance triathlon. **Metabolism**; Vol.38:p. 921-925, 1989.

LEHNINGER, A.L; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. Ed Sarvier. 2ª. edição. São Paulo, 1995.

LONG, D., BLAKE, M., MC NAUGHTON, L., ANGLE,B. Hematological and biochemical changes during a shorth triathlon competition in novice triathletes. Vol. 61 (1-2), pp. 93-99. 1990.

LOPES, R.F., THIELE, E., DOURADO, A.C., OSIECKI, R. Comportamento da frequência caridaca e concentração de lactato sanguíneo durante teste de esforço progressivo em triatletas. **Jornal Brasileiro de Medicina (JBM)**. Vol.88 (4), p. 54-60. 2005.

MACK,G.W.; BERGERON,M.F. Hydration and physical activity: Scientific Concepts and Practical Applications. **Sports Science Exchange – Gatorade Sports Science Institute**. Vol 7 (4). 1996

MACKINNON, L.T. Effects of overreaching and overtraining on immune function. In: **Overtraining In Sport**. Ed: Kreider, R.B., Fry, A.C., O'Toole,M.L. Champaign Il: Human Kinetics. P.219-241, 1998.

MAGLISCHO, E.W. **Nadando ainda mais rápido**. Ed Manole. 1ª. edição. 1999.

MALM,C. et al. Leucocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running. *J. Physiol.* Vol 556 (3): 983-1000. 2004

MAUGHAN, R.J.; SHIRREFFS, S.M. **Biochemistry of exercise**. IX Human Kinetics publishers. Proceeding of the 9th International Biochemistry of Exercise Conference held on July 21-26, in Aberdeen, Scotland. 1994.

MAUGHAN,R., GLEESON, M., GREENHAFF,P.L. **Bioquímica do exercício e treinamento**. Editora Manole, São Paulo. 1ª. ed. 2000.

MAUGHAN, R.J.; SHIRREFFS, S.M. Rehydration and recovery after exercise. **Science & Sports**. Vol 19, p. 234-238. 2004.

MCARDLE, W.D; KATCH, F.T.; KATCH, V.L. **Sports & Exercise Nutrition**. **Philadelphia, PA**: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.

MELUDU, S.C. et al. Anaerobic exercise – Induced changes in serum mineral concentrations. **African Journal of Biomedical Research**. Vol 5, p. 13-17. 2002

MILLET, G.P., BENTLEY, D.J. The physiological responses to running after cycling in elite and senior triathletes. **Int. J. sports Med.** Vol. 25, p. 191-197. 2004

MILLET, G.P., DRÉANO, P., BENTLEY, D.J. Physiological characteristics of elite short – and long- distance triathletes. **Eur. J. Appl. Physiol.** Vol 88, p.427-430. 2003

MILLET G.P., VLECK, V.E. Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. **Br J Sports Med**; vol. 34:pp.384–390, 2000. www.bjsportmed.com

MITTENDORFER, B., HOROWITZ, J.F., KLEIN, S. Effect of gender on lipid kinetics during endurance exercise of moderate intensity in untrained subjects. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* Vol 283: E58-65. 2002.

MUTH, N.D. Hyponatremia: Other side of hydration story: Should you drink as much as you can tolerate when exercising? Or is this time-honored advice all wet? **IDEA Fitness Journal.** 2005.

NATALE, V.M. et al. Effects of three different types of exercise on blood leukocyte count during and following exercise. **São Paulo Med. Journal/ Rev. Paul. Med.** Vol 121(1), p.9-14. 2003

NCCLS. **Evaluation of Precision Performance of Clinical Chemistry Devices: Approved guidelines.** USA. 1999

NEHLSEN-CANNARELLA, S.L. et al. Carbohydrate and the cytokine response to 2.5 h of running. **Journal of Applied Physiology.** Vol.82, p.1662-1667. 1997.

NEUMAYR, G. et al. Physiological effects of an ultra-cycle ride in an amateur athlete. A case report. **Journal of Sports Sci. And Med.** Vol 1, p. 20-26. 2002.

NICKLAS B.J. et al. Increases in high-density lipoprotein cholesterol with endurance exercise training are blunted in obese compared with lean men. **Metabolism**; vol. 46: p.556-561. 1997.

NIEMAN, D.C. Influence of carbohydrate on immune response to intensive, prolonged exercise. **Exercise Immunology Review.** Vol.4, p. 64-76, 1998.

OHLSSEN, O., ROGERS, D. Significance of lipid measurements. **The Pharmaceutical Journal.** Vol 272, p. 57-58. 2004

OSIECKI, R. et al. Relação entre o VO₂máx, frequência cardíaca e frequência cardíaca de reserva em mulheres universitárias. Edição especial da **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. Vol 13 (4), supl. 2005.

O'TOOLE, M.L.; HILLER, W.D.B., DOUGLAS, P.S. Cardiovascular responses to prolonged cycling and running. **Ann Sports Med**. Vol.3, p.124-130. 1987

O'TOOLE, M.L.; DOUGLAS, P.S. Applied Physiology of Triathlon. **Sports Med**. Vol 19 (4); p. 251-267. 1995.

PADILLA, S., MUJICA, I., ÂNGULO, F., GOIRIENA, J.J. Scientific approach to the 1h cycling world Record: a case study. **J. Appl. Physiol**. Vol. 89: pp.1522-1527. 2000.

POIAN, A.J., ALVES, P.C.C. **Hormônios e metabolismo – Integração e correlações clínicas**. São Paulo: Atheneu. 2002

REID, S.A. et al. Study of hematological and biochemical parameters in runners completing a standard marathon. **Clin. J. Sport Med**. Vol 14 (6), p. 344-353. 2004.

RIETJENS G.J.W.M. et al. Red Blood Cell Profile of Elite Olympic Distance Triathletes. A Three-Year Follow-Up **Int J Sports Med**. Vol. 23: p.391–396, 2002.

RISOY, B.A. et al. Delayed leukocytosis after hard strength and endurance exercise: aspects of regulatory mechanisms. **BMC physiology**. Vol 3 (14). 2003.

ROBERGS, R.A. Exercise-induced metabolic acidosis: Where do the Protons come from? *Sportscience*. Vol 5 (2). 2001

ROHDE, T. et al. The immune system and serum glutamine during a triathlon. **Eur J Appl Physiol**. Vol.74: pp.428–434, 1996.

SJÖDIN, B., JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **Int. J. Sports Med**. 2: 23-36, 1981.

SPEEDY, D. et al. Weight changes and serum sodium concentrations after an ultradistance multisport triathlon. **Clin. J. Sports Med**. Vol.7, p. 100-103. 1997.

SPEEDY D.B. et al. Hyponatremia in ultradistance triathletes. **Med Sci Sports Exerc**. Vol.31(6):pp.809-15. 1999.

SPEEDY D.B. et al. Diagnosis and prevention of hyponatremia at an ultradistance triathlon. **Clin J Sport Med**. Vol.10(1):pp.52-8. 2000.

SPEEDY,D.B. et al. Fluid balance in the Ironman Triathlon. **Clin J. Sport Med.** Vol 11, p.44-50. 2001

SWAIN, et al. Validation of a new method for estimating VO₂máx based on VO₂ reserve. **Med. Sci. Sports Med.** Vol. 36 (8), pp. 1421-1426. 2004

SZYGULA,Z. Erythrocyte system under the influence of physical exercise and training. **Sports Med.** Vol.10 (suppl.3): pp.181-197. 1990.

TOTSUKA, M. et al. Break point of serum creatine kinase after endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 93: 1280 –1286. 2002

TRAN, Z.V., WELTMAN, A., GLASS, G.V. The effect of exercise in blood and lipids and lipoproteins: a meta-analysis of studies. **Med. Sci. Sports exerc.** Vol 15(5): p. 393-402. 1983.

VIRU, A. **Adaptation in Sports Training**. Boca Raton. Ann Arbor, London. CRC Press. 1995

VIRU, A., VIRU M. **Biochemical Monitoring of Sport training**. Human Kinetics. 2001

WARBURTON, D.E.R. et al. Biochemical changes as a result of prolonged strenuous exercise. **Br. J. Sports Med.** Vol: 36; p. 301-303. 2002.

WIENER LAB. **Manual de análises bioquímicas**. Rosário, Argentina. 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Biblioteca Central. **Normas para apresentação de trabalhos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2001.Teses, dissertações e trabalhos acadêmicos.

WILLMORE, J.H; COSTILL,D.L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. 2º edição. São Paulo: Editora Manole, 2001

WITTBRODT, E.T. Maintaining fluid and electrolyte balance during exercise. **Journal of Pharmacy Practice**. Vol 16(1), p. 45 – 50. 2003.

WU,H. et al. Effects of 24 h ultra-marathon on biochemical and hematological parameters. **World J Gastroenterol**; Vol. 10(18):p.2711-2714. 2004.

YU,H.H. et al. Acute changes in serum lipids and lipoprotein subclasses in triathletes as assessed by Proton Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. **Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.** Vol 19, p.1945-1949. 1999.

ZOPPI, C.C. et al. Alterações em biomarcadores de estresse oxidativo, defesa oxidante e lesão muscular em jogadores de futebol durante uma temporada competitiva. **Revista Paulista de Educação Física**. São Paulo. Vol 17 (2), pp. 119-30. 2003.

ANEXOS

ANEXO 1

Parecer de aprovação do Comitê de Ética do Setor de Ciências Biológicas da
Universidade Federal do Paraná

ANEXO 2

TERMO DE CONSENTIMENTO PARA PARTICIPAÇÃO DA PESQUISA
ENTITULADA: Comportamento Dos Marcadores Fisiológicos e Bioquímicos de uma Prova de Triathlon Olímpico.

1) Objetivo e explicação do teste

Você irá participar de um teste em laboratório (esteira rolante) e outro teste em campo (prova simulada de triathlon com distâncias olímpicas).

No teste laboratorial, a intensidade do exercício começará leve e irá aumentando a intensidade a cada estágio, dependendo do seu nível de condicionamento físico. Nós poderemos parar o teste a qualquer momento devido a sinais de fadiga ou alterações nos seus batimentos cardíacos, pressão arterial ou outros sintomas que possam aparecer. É importante você saber que deve parar quando você desejar por sensações de fadiga ou qualquer outro desconforto.

No teste em campo, a intensidade tenderá a ser mantida equilibrada e constante nas três modalidades (natação, ciclismo e corrida), de acordo com seu atual condicionamento. A prova simulada poderá ser finalizada a qualquer momento, desde que sintomas de fadiga ou incapacidade funcional venham se manifestar.

2) Atendimento de desconfortos e riscos

Existe a possibilidade de certas alterações ocorrerem durante os testes. Estas incluem pressão arterial anormal, rápido ou baixo ritmo cardíaco, tonturas, e em raras instâncias: ataque cardíaco, ou morte. Todos os esforços serão feitos para minimizar estes riscos pelas informações preliminares dadas pelo atleta, que relatou normalidade no seu estado de saúde e condicionamento físico, e pelas observações cuidadosas dos avaliadores durante os testes. Equipamentos de emergência e profissionais capacitados estão disponíveis para lidar com qualquer eventual situação que possa aparecer.

3) Responsabilidades do participante

Informações verdadeiras sobre seu nível atual de saúde ou prévias experiências cardíacas, relatando sintomas (tais como: respiração curta com baixo nível de atividade, dores, pressão, dores agudas ou crônicas na região do peito, pescoço, mandíbula, costas e/ou braços) que possam afetar sua

segurança durante um teste de esforço. É de extrema importância que você esteja disposto a reportar estas e outras sensações com o esforço durante seu teste. Você é completamente responsável pelo seu histórico médico, assim com os sintomas que possam vir a aparecer durante o teste. Você está disposto a reportar todas as medicações (incluindo as não-prescritas) tomadas recentemente e, em particular, aquelas tomadas hoje antes do teste.

4) Benefícios esperados

Os resultados obtidos pelo teste poderão vir a diagnosticar algum tipo de disfunção, os efeitos dos medicamentos administrados e, ainda elaborar um tipo treinamento físico que poderá ser realizado para melhorar sua performance durante os eventos competitivos, e dar suporte nutricional para uma possível suplementação durante a prova.

5) Questionamentos

Qualquer pergunta sobre os procedimentos utilizados nos testes ou os resultados do seu teste serão disponibilizados a você. Por favor, pergunte-nos para maiores explicações.

6) Uso das informações obtidas

As informações obtidas durante o teste serão tratadas de forma restrita e confidencial. Elas não serão liberadas ou reveladas para mais nenhuma pessoa a não ser os fisiologistas responsáveis pela análise e escrita dos resultados. As informações obtidas serão usadas por uma análise estatística com objetivos científicos. Pode estar certo que sua privacidade e anonimato serão garantidos.

7) Livre consentimento

É por livre consentimento que me engajo nestes testes físicos para determinar minha capacidade física e meu estado cardiovascular. Minha permissão para desempenhar estes testes é voluntária. Eu entendo que eu estou livre para finalizar meus testes em qualquer momento. Eu dou meu consentimento para participar deste estudo.

Eu li este documento, e entendi os procedimentos dos testes e irei participar e correr os riscos e desconfortos que possam surgir. Conheço os riscos e desconfortos, e tive a oportunidade de questionar e ter respostas satisfatórias dos avaliadores. Eu dou meu consentimento para participar dos testes e da pesquisa citada.

Data

Assinatura do Avaliado

Data

Assinatura da Testemunha

Data

Ass. do Fisiologista Responsável

Contato: Mst. Renata Fiedler Lopes – 96449081 ou Dr. Raul Osiecki – 91859082

ANEXO 3 – VALORES DE REFERÊNCIA PARA AS AMOSTRAS SANGUÍNEAS

3.2.3.3.1 – CREATINA QUINASE (CK)

Valores de referência:

Homens	24 –195 U/L
Mulheres	24 –170 u/l

3.2.3.3.2 – LACTATO DESIDROGENASE

Valores de referência:

LDH cardíaca	180 – 450 U/L
--------------	---------------

3.2.3.3.3 – ÁCIDO ÚRICO

Valores de referência:

Crianças	2,0 – 5,5 mg/dl
Adulto masculino	3,5 – 7,0 mg/dl
Adulto feminino	2,6 – 6,0 mg/dl

3.2.3.3.4 – URÉIA

Valores de referência:

Normal	10 –40 mg/dL
--------	--------------

3.2.3.3.5 – CREATININA

Valores de referência:

Homens	0,5 – 1,4 mg/dl
Mulheres	0,6 – 1,2 mg/dl

PERFIL HEMATOLÓGICO

Valores de referência sugeridos por WINTROBE'S CLINICAL HEMATOLOGY, 1999.

Valores de referência para adulto masculino:

ERITOGRAMA	
3.2.3.3.6 - Hemácias	4,5 a 6,5 milhões/ mm ³
3.2.3.3.7 - Hematócrito	37,7 a 54 %
3.2.3.3.8 - Hemoglobina	13,5 –18,9 g/dL

LEUCOGRAMA	
3.2.3.3.11 - Leucócitos	3900 – 11900 µl

3.2.3.3.9 – FERRO SÉRICO

Valores de referência

Adulto	50 – 150 mg/dL
--------	----------------

3.2.3.3.10 – FERRITINA

Valores de referência:

Adulto	18 – 370 ng/dL
--------	----------------

Valores abaixo de 9ng/ml estão geralmente associados a deficiência de ferro

3.2.3.4.1 – GLICOSE

Valores de referência sugeridos pela Sociedade Americana de Diabetes/ Diabetes Care, vol 26. 2003:

Soro	60 - 99 mg/dL
------	---------------

* Para valores entre 100 a 125mg/dL sugere-se realização de teste de tolerância à glicose

PERFIL LIPÍDICO

Valores de referência sugeridos pela III Diretrizes Brasileiras sobre Dislipidemias.
Arch. Bras. Cardiol. Vol 77, supl.III, 2001:

3.2.3.4.2 – TRIGLICERÍDEOS

Valores de referência:

Ótimo	< 150 mg/dL
Moderadamente elevado a alto	150 – 199 mg/dL
Elevado	200 – 499 mg/dL
Muito elevado	> 500 mg/dL

3.2.3.4.3 – COLESTEROL

Valores de referência:

Desejado	< 200mg/dL
Limiar (Risco Moderado)	200 – 239 mg/dL
Elevado (Alto risco)	> 240 mg/dL

3.2.3.4.4 – COLESTEROL HDL

Valores de referência:

Elevado	> 60 mg/dl
Baixo	Até 35 mg/dl

3.2.3.4.5 – COLESTEROL LDL

Valores de referência:

Risco Baixo	<130 mg/dL
Risco Moderado	130-170 mg/dL
Risco elevado	>170 mg/dL

3.2.3.4.6 – COLESTEROL VLDL

Valores de referência:

Adulto	40mg/ 100ml
--------	-------------

3.2.3.5.1 – CÁLCIO

Valores de referência:

Soro ou plasma	8,8 – 11,0 mg/dl
----------------	------------------

3.2.3.5.2 – POTÁSSIO

Valores de referência:

Soro ou plasma	3,8 – 5 mEq/L
----------------	---------------

3.2.3.5.3 – SÓDIO

Valores de referência

Soro ou plasma	135 – 145 mEq/L
----------------	-----------------

NOME: _____

SEXO: _____ DATA DE NASCIMENTO: _____

DATA DA COLETA: _____ DIA DA SEMANA: _____

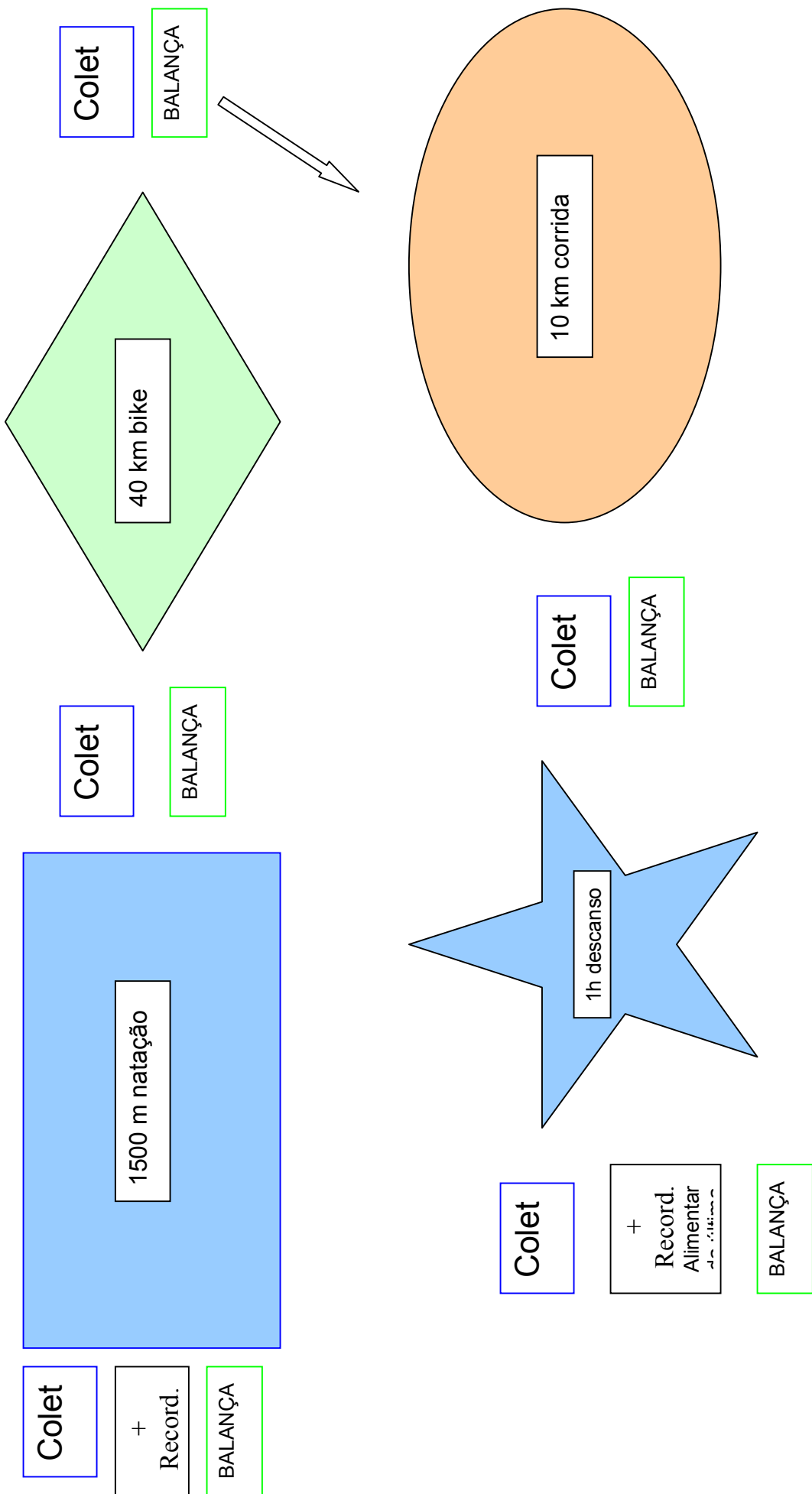
- Anote todos os alimentos, bebidas e suplementos consumidos nas ultimas 24h;
- Registre o horário e a quantidade ingerida (unidade, 1 prato cheio, 1 colher de sopa, 1 copo,.....);
- Não esqueça de anotar a presença de molho nas preparações ou se você utilizou algum tempero (azeite, molho branco, molho rose, maionese,.....);
- No caso dos suplementos, anotar a marca e a quantidade utilizada;
- Os produtos industrializados, especificar a marca (1 barrinha Nutry de Castanha, 1 garrafinha de Gatorade Limão, ...);

LOCAL / HORARIO	ALIMENTOS E/OU PREPARAÇÕES	QUANTIDADES

ANEXO 4 - REGISTRO ALIMENTAR DE 24H

**ANEXO 5 – ESQUEMA VISUAL DA PROVA DE TRIATHLON OLÍMPICO
REALIZADA**

ANEXO 5 – ESQUEMA VISUAL DA PROVA DE TRIATHLON
OLÍMPICO REALIZADA



ANEXO 6 - RELATÓRIO INDIVIDUAL

Nome do Atleta:

número:

Data de nascimento:

Nome do avaliador:

Peso inicial:

Natação: Contagem de voltas (total: 15 voltas ou 30 piscinas = 1500m)

TEMPO:

Peso:

Número de voltas														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

TEMPO TRANSIÇÃO	
-----------------	--

Ciclismo: Contagem de voltas (total: 19 voltas = 40 km)

TEMPO:

Peso:

Número de voltas																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

TEMPO TRANSIÇÃO	
-----------------	--

Corrida: Contagem de voltas (total: 25 voltas = 10 km)

TEMPO:

Peso:

Número de voltas																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Recordatório Alimentar após a prova:

ALIMENTOS	QUANTIDADE

Peso final:

ANEXO 7 - CONTROLE DE PESAGEM (kg):

ATLETA 1				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 2				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 3				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 4				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 5				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 6				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 7				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 8				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 9				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 10				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 11				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após
ATLETA 12				
P1 - repouso	P2 - natação	P3 – ciclismo	P4- corrida	P5 – 1h após

**ANEXO 8 - FICHA DE AVALIAÇÃO LABORATORIAL COM DADOS FISIOLÓGICOS
DA PROVA DE TRIATHLON OLÍMPICO ENTREGUE PARA CADA ATLETA APÓS A
ANÁLISE DA PROVA**

AVALIAÇÃO DO TRIATHLON OLÍMPICO



NOME:

COMPOSIÇÃO CORPORAL

	Resultado	Média da categoria	Valores ideais
Massa corporal	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Estatura	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
% gordura	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8 – 10%
% Massa magra	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Dobras cutâneas:	Subscap	<input type="text"/>	Tricipital	<input type="text"/>	Bíciptal	<input type="text"/>	Peitoral	<input type="text"/>
	Ax.média	<input type="text"/>	Suprailí	<input type="text"/>	Abdom	<input type="text"/>	Coxa alt	<input type="text"/>
	Coxa med	<input type="text"/>	Pantur.	<input type="text"/>				

AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA

	Valores Absolutos	Valores relativos	Média da amostra
FC média natação	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FC média ciclismo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FC média corrida	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FCmáx	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

	Resultado	Média da amostra
Lactato natação	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Lactato ciclismo	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Lactato corrida	<input type="text"/>	<input type="text"/>

NUTRIÇÃO

	Pré-competição (16/12/05)	Dia de competição (17/12/05)
Kilocalorias/ dia	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Carboidratos	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Proteínas	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Lipídios	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Deficiência do consumo de:

CONTATO

Qualquer dúvida pode ser esclarecida pelo e-mail:
refiedlerlopes@gmail.com